

Title	情報の公開と利用を考慮した製品開発の意思決定
Author(s)	深沢, 祐司
Citation	
Issue Date	2020-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/16349">http://hdl.handle.net/10119/16349</a>
Rights	
Description	Supervisor : 内平 直志, 先端科学技術研究科, 修士 (知識科学)

修士論文

情報の公開と利用を考慮した製品開発の意思決定

ー ゲーム理論とリアルオプション分析を用いた意思決定のタイミング ー

深沢 祐司

主指導教員 内平 直志

北陸先端科学技術大学院大学  
先端科学技術研究科  
(知識科学)

令和2年3月

## Abstract

In corporate management, in order to secure future growth and stable profits, it is necessary not only to maintain and expand existing businesses, but also to create new businesses through R&D activities. In general, R&D activities require investment for technology development, but it is uncertain whether the results will be accepted in the market. However, there are competitors in the duopoly market, and if other companies launch new products in the market ahead of time, they may be built ahead of barriers to entry and so on. On the other hand, if the firm is a second mover, it is possible to obtain technical information by referring to the patent issued by the first mover firm or by reverse-engineering the product, and to invest in R&D by using the technical information of other firms.

The purpose of this study is to make decisions on R&D investment by firms in a duopoly market, and to consider the situation in which profits will occur during the R&D investment period. This paper has proposed a framework for analysis taking into account the resolution of market uncertainty and the effects of freeride.

For the analysis, a model combining real option analysis and game theory are used. Real option analysis evaluates investment value taking into account the flexibility of strategic investment, and game theory is a method that can analyze decision making that takes into account multiple players. By combining these two approaches, this study has addressed the case of new product development in a duopoly market and has seen how the disclosure and use of information between a first mover firm and a second mover firm affects the decision-making.

Using an exogenous change profit model, the two firms' R&D investment decisions over two periods were examined. Assuming that demand will increase or decrease in the second term, two firms can make an investment decision in both the first and second periods, but one firm makes an investment in the second period, the other firm should be able to make decisions after assessing demand. Furthermore, if one firm invests in R&D in the first term and supplies new products to the market, it is possible to obtain information on product development. If the firm makes an investment in the second term, R&D costs may be reduced.

As a result, it is confirmed that in a situation where information can be used, there is a possibility that oneself will select a second mover firm and reduce the investment cost while avoiding uncertainties in future demand, thereby increasing profits. In addition, the investment behavior of a second mover firm varies depending on the magnitude of the effect of using information. If the use of information can greatly reduce investment costs,

regardless of uncertainty in demand, it is appropriate to make an investment after doing so. If the reduction in investment costs due to the use of information is small, it is appropriate to postpone the investment and make an investment if the demand increases after obtaining the information. However, when the investment cost is very low, even if the information can be used, it may be more appropriate to make an investment in first stage, and there is a threshold for using the information.

It is disadvantageous for the first mover firm to disclose information (for example patent application) unnecessarily, and when filing a patent application, it needs to obtain a strong patent right including peripheral patents. Accordingly, the first mover firm can point out infringement of rights when supplying new products to the market, and it is important to take measures to prevent other firms from filing similar patent applications. In addition, a first mover firm anticipates that own information would be used by the other firms, and leads other firms to the second mover, and is confirmed that there could be situations in which the first mover firm could increase profits by investing in advance.

# 目次

第1章 はじめに .....	1
1.1 研究の背景 .....	1
1.1.1 後発戦略の優位性 .....	1
1.1.2 他社特許情報の利用.....	4
1.1.3 リバース・エンジニアリングによる他社情報の利用.....	6
1.2 研究の目的とリサーチ・クエスチョン .....	8
1.3 研究の方法 .....	8
1.4 本論文の構成 .....	9
第2章 理論的背景 .....	11
2.1 後発企業効果 .....	11
2.2 ゲーム理論 .....	13
2.3 リアルオプション分析.....	14
2.4 ゲーム理論とリアルオプション分析を融合した研究開発投資の先行研究 .....	16
2.5 先行研究と本研究との差異 .....	20

第3章 理論的研究及び考察 .....	23
3.1 基本的モデルの構築.....	23
3.2 情報の利用のモデルへの組み込み.....	24
3.3 情報の利用を加味した場合の意思決定 .....	26
3.4 情報の利用が投資の意思決定に及ぼす影響 .....	39
3.5 計算例.....	40
3.5.1 後発企業が2期で必ず投資をする場合.....	40
3.5.2 後発企業が2期に需要が増加したら投資をする場合.....	43
第4章 考察 .....	46
4.1 情報の公開と利用から見た先発/後発企業の優位性.....	46
4.2 先発企業からみた情報の開示の戦略.....	47
4.3 実際の産業活動との関連性 .....	49
第5章 おわりに .....	52
5.1 リサーチ・クエスチョンに対する回答.....	52
5.2 理論的含意.....	54
5.3 実務的含意.....	54
5.4 本研究の限界と将来研究への示唆.....	55
参考文献.....	57

謝辭.....	60
---------	----

# 目次

図 1 名目設備投資の推移.....	1
図 2 上位 3 社の市場占有率が高い代表的な製品.....	2
図 3 薄型テレビ市場の世界シェア推移.....	3
図 4 知識源としての利用した文献の種類.....	5
図 5 特許文献の寄与の程度.....	6
図 6 フォワード・エンジニアリングとリバース・エンジニアリングの開発プロセス.....	7
図 7 本論文の構成.....	10
図 8 企業の利潤と先発企業/後発企業の優位性との関係.....	11
図 9 リアルオプションによる判断が適している投資環境.....	15
図 10 本研究の位置づけ.....	22
図 11 X 社、Y 社の投資判断の枝分かれ図.....	26
図 12 需要が増加した場合の各企業の 2 期目の利得.....	29
図 13 需要が減少した場合の各企業の 2 期目の利得.....	29
図 14 ケース(2)の 2 期目の部分ゲーム.....	32
図 15 ケース(3)の 2 期目の部分ゲーム.....	33
図 16 $0 \leq \gamma_Y < [(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)]$ の条件下での両社の利得.....	34
図 17 i) 条件下での両社の利得.....	35
図 18 ii) 条件下での両社の利得.....	35
図 19 iii) 条件下での両社の利得.....	36
図 20 iv) 条件下での両社の利得.....	36
図 21 v) 条件下での両社の利得.....	37
図 22 $[(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)] < \gamma_Y \leq 1$ の条件下での両社の利得.....	37
図 23 vi) 条件下での両社の利得.....	38

図 24	vii)条件下での両社の利得.....	38
図 25	viii)条件下での両社の利得.....	39
図 26	ix)条件下での両社の利得.....	39
図 27	投資費用 $I=2$ ( $\gamma_Y=0.2$ )の場合の両社の利得.....	41
図 28	投資費用 $I=6.5$ ( $\gamma_Y=0.2$ )の場合の両社の利得.....	42
図 29	投資費用 $I=10$ ( $\gamma_Y=0.2$ )の場合の両社の利得.....	42
図 30	投資費用 $I=15.5$ ( $\gamma_Y=0.2$ )の場合の両社の利得.....	42
図 31	投資費用 $I=20$ ( $\gamma_Y=0.2$ )の場合の両社の利得.....	43
図 32	投資費用 $I=2$ ( $\gamma_Y=0.6$ )の場合の両社の利得.....	43
図 33	投資費用 $I=6.5$ ( $\gamma_Y=0.6$ )の場合の両社の利得.....	44
図 34	投資費用 $I=10$ ( $\gamma_Y=0.6$ )の場合の両社の利得.....	44
図 35	投資費用 $I=20$ ( $\gamma_Y=0.6$ )の場合の両社の利得.....	44
図 36	情報の利用を考慮した Y 社の投資判断の変化.....	47
図 37	有機 EL の素子構造に関する出願人別ファミリー件数(2010~2015 年).	50

# 表目次

表 1 利益を確保するために優先的に活用した方法.....	4
表 2 リアルオプションの代表的な種類.....	16
表 3 利潤を内生的なものとして求めるモデルを用いた先行研究.....	19
表 4 利潤を外生的に与えるモデルを用いた先行研究.....	20
表 5 両社の投資行動により得られるキャッシュフロー.....	23
表 6 両社が1期に投資をした場合のX社、Y社の利得.....	27
表 7 X社のみが1期に投資をした場合のX社、Y社の利得.....	28
表 8 Y社のみが1期に投資をした場合のX社、Y社の利得.....	28
表 9 両社が1期に投資をしない場合のX社、Y社の利得.....	31
表 10 ケース(2)の2期の部分ゲームでのY社の投資に関する $\gamma_Y$ の閾値 .....	32
表 11 計算で用いるパラメータ.....	41

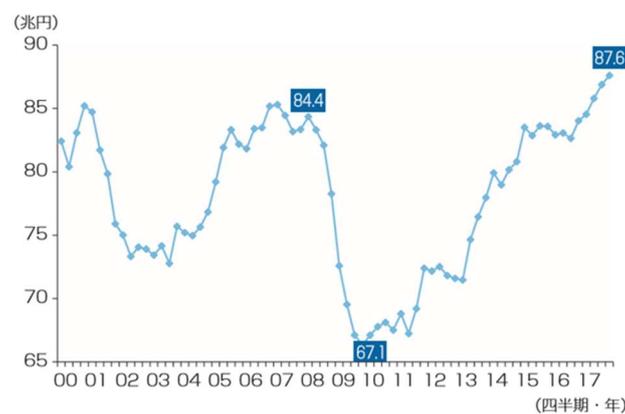
# 第1章 はじめに

本章では、情報の公開と利用を考慮した製品開発の意思決定に関する本研究の背景について記述する。また、研究の目的とリサーチ・クエスチョンを定義し、本研究の研究手法について述べる。

## 1.1 研究の背景

### 1.1.1 後発戦略の優位性

企業経営においては「研究開発は既存事業分野における技術的競争優位の確立という使命の他に、新たな事業を創出して長期的な企業成長を実現するという使命がある。今や現在の基幹事業をはじめとする既存事業分野の深耕や拡大だけでは、持続的な企業成長が困難となっているという意味で新規事業を長期視点で継続的に創出していくことが不可欠」である（木村 2015）。また図 1 に示すように「民間企業の研究開発費を含めた設備投資は 2017 年で前年比 3.6% 増加しておりリーマンショック前の水準を超えている」ことが報告されている（ものづくり白書 2108）。

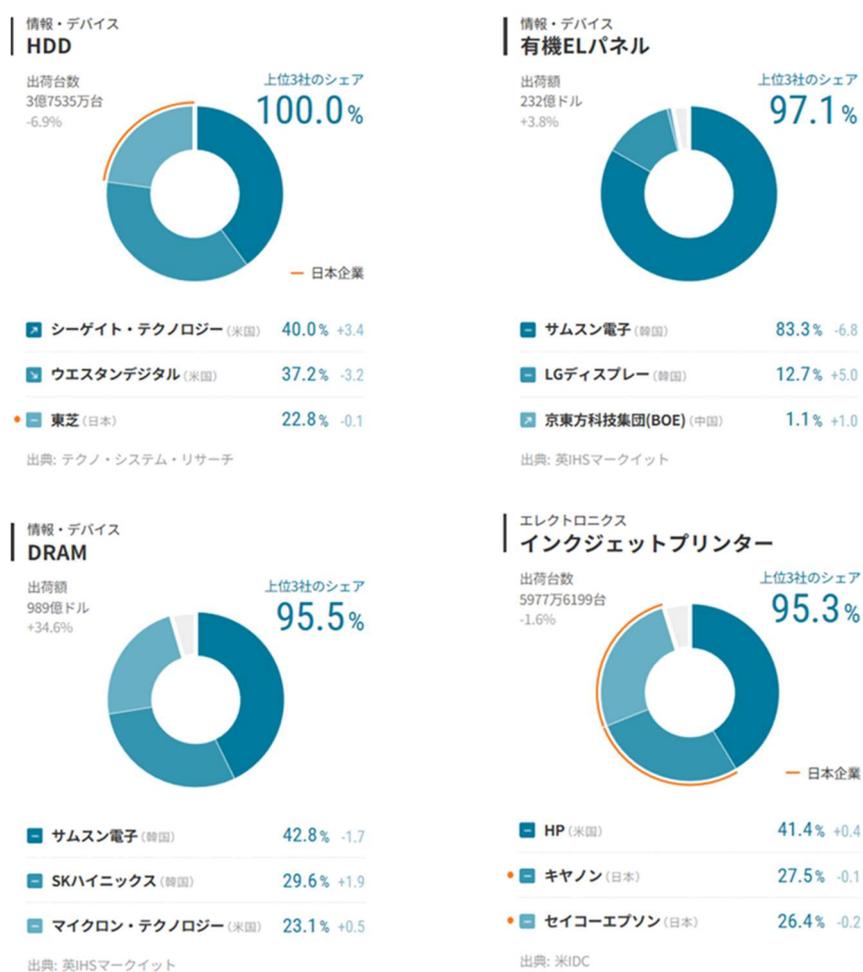


備考：季節調整値。  
資料：内閣府「2017年10-12月期四半期別GDP速報(2次速報値)」(2018年3月8日公表)

ものづくり白書 (2018) p9 より引用

図 1. 名目設備投資の推移

多くの産業の中で製造業を取りあげると、その特徴の一つとしては、既存の数社が市場シェアの過半を占めていることが指摘でき、市場全体に占める上位3社の割合が高い上位10産業とその占有率（出荷額）を挙げると、HDD（ハードディスクドライブ、占有率100%）、スマートフォンOS（100%）、国際カードブランド（97.6%）、有機ELパネル（97.1%）、DRAM（ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ、95.5%）、インクジェットプリンター（95.3%）、液晶用ガラス（95.0%）、発電用大型タービン（94.0%）、CMOSセンサー（82.1%）、ルータ（80.1%）となる。これら10産業中7種は製造業に分類できる（日本経済新聞社 2019）。図2に製造業に分類した4産業の市場シェアを示す。



日本経済新聞社（2019），<https://vdata.nikkei.com/newsgraphics/share-ranking/#/year/latest/chart-cards?page=1&agg-length=3> より引用

図2. 上位3社の市場占有率が高い代表的な製品

すでに市場を形成した既存企業は、一般に新規参入企業が生じると競争度合いが高くなり業界全体の利潤を低下させ、既存企業の獲得しうる利潤が少なくなる可能性がある。これに対する既存企業の活動は現在の企業活動で得られた利益を、研究開発を含めた設備投資にかけてイノベーションを生み出すことで製品差別化を図り、新規参入を許さないように競争優位性を高めることが考えられる。

このように既存企業の活動を捉えると、先行企業としての立場をさらに強化するものであり、後発企業が市場参入をする余地がないようにみえる。しかし、現実には後発企業が市場シェアを大きくすることは製造業でもみられており、図3に示すように、例えば薄型テレビでは2005年1-3月期の世界シェア首位はシャープ(シェア割合16%:台数ベース、以下同じ)、2位はサムスン電子(11%)であったが、2014年1-3月期の世界シェア首位はサムスン電子(24%)、2位はLGエレクトロニクス(16%)であり、シャープは7位(4%)である(永井 2014)。

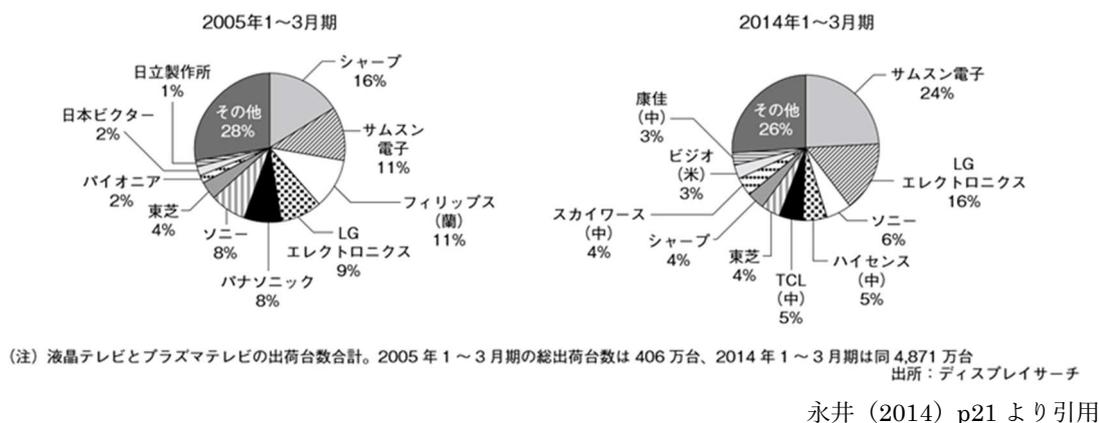


図3. 薄型テレビ市場の世界シェア推移

このような具体例でもわかるように、分野によっては後発企業として参入した企業が先発企業の市場占有率と入れ替わることは現実的に生じている。このような状況が生じる要因として、例えば中小企業と大企業を比較した場合には企業間の資本力の差やブランド力など様々なものが想定されるが、薄型テレビのようにいずれも資本力やブランド力、または技術力でも認知されている企業間においても先行者が劣位になる場合がみられている。本研究では、特に先発/

後発としての企業の位置づけが競争優位性において本質的に寄与するケースを取り上げる。

### 1.1.2 他社特許情報の利用

製造業においては自社技術の保護する手段として特許権の取得があり、新製品・サービスからの利益を確保する手段について、表1に示した2014年の調査では「自社の研究開発成果として生み出された新製品・サービスから生じる利益をできるだけ自社のみで確保できるようにする、すなわちイノベーションの専有可能性を高めるための手段として、特許権による保護が重視されている」（文部科学省 2015）ことが確認されている。

表 1. 利益を確保するために優先的に活用した方法

利益を確保する手段							
利益確保手段	N	利益確保手段として選択された割合	1番目に重視された割合	2番目に重視された割合	3番目に重視された割合	4番目に重視された割合	5番目に重視された割合
特許、実用新案による保護	1467	63.3%	21.7%	12.7%	10.1%	10.2%	8.5%
1以外の知的財産権による保護	1467	25.8%	1.3%	8.0%	5.7%	5.9%	4.9%
企業秘密化、秘密保持契約の締結	1467	61.8%	13.2%	14.2%	12.9%	9.7%	11.8%
販売・サービス網の整備	1467	50.9%	8.4%	11.8%	12.3%	9.6%	8.7%
製品設計の複雑化、要素技術のブラックボックス化	1467	22.6%	3.4%	4.5%	5.5%	5.2%	4.0%
大規模な設備投資を通じたコスト優位の構築	1467	24.0%	4.5%	5.0%	6.1%	4.6%	3.9%
製品・サービスの先行的な市場投入	1467	55.9%	19.9%	11.8%	10.1%	8.7%	5.5%
製品・サービスの規格標準化への取組み	1467	30.4%	3.7%	6.7%	6.1%	6.8%	7.2%
企業及び製品・サービスのブランド力の構築、活用	1467	64.9%	15.0%	12.3%	14.0%	12.7%	10.9%
需要変動に柔軟に対応しうる生産システムの整備	1467	52.3%	7.9%	10.1%	9.8%	11.1%	13.4%
その他	1467	2.2%	1.0%	0.4%	0.3%	0.1%	0.4%

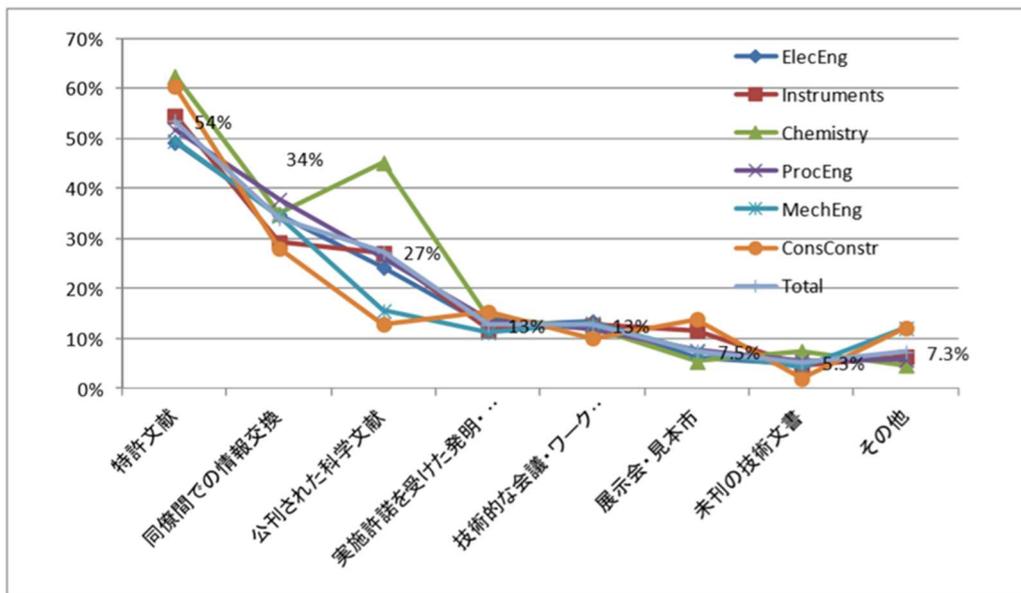
文部科学省（2015） p90 より引用

しかしながら、特許制度では発明者が一定期間、自らの発明に対して特許権という独占権を与えられる一方で、発明の内容を公開し利用の機会を掴むことで技術の進歩を促進し、産業の発達に寄与することを定めている（特許法 1 条）。このような状況を考えると、代表的な模倣困難性の構築のための手段である特許権についても、特許を得ることと引き換えに、企業はその技術を模倣する方法に関し、重要な情報を競合企業に提供することになる可能性がある。また、ある業界において発展した技術は、「比較的短期間に業界内に伝搬し、特許化によ

で直接的模倣は抑制できたとしても、かえってそのことが同等機能の技術による代替の可能性を増やす結果となる」(Barney 2002=2003)。

実際に民間企業の研究開発者の発明に関する知識源として何が重要であるかということについての調査結果(図4)をみると、文献情報に関しては6つの産業分野のいずれの場合でも特許情報は1位となっている。また、図5に示したように特許情報の重要性について、仮に該当する情報が全く利用できなかったと仮定した場合、当該特許文献の知識がない状況と比較した場合に自社の発明に到達するまでの時間が追加でどれくらいかかっていたかを推定すると「100時間を超えると回答した発明者が22%存在し、特許文献の存在は発明の知識源として重要である」(長岡 2012)ことが報告されている。

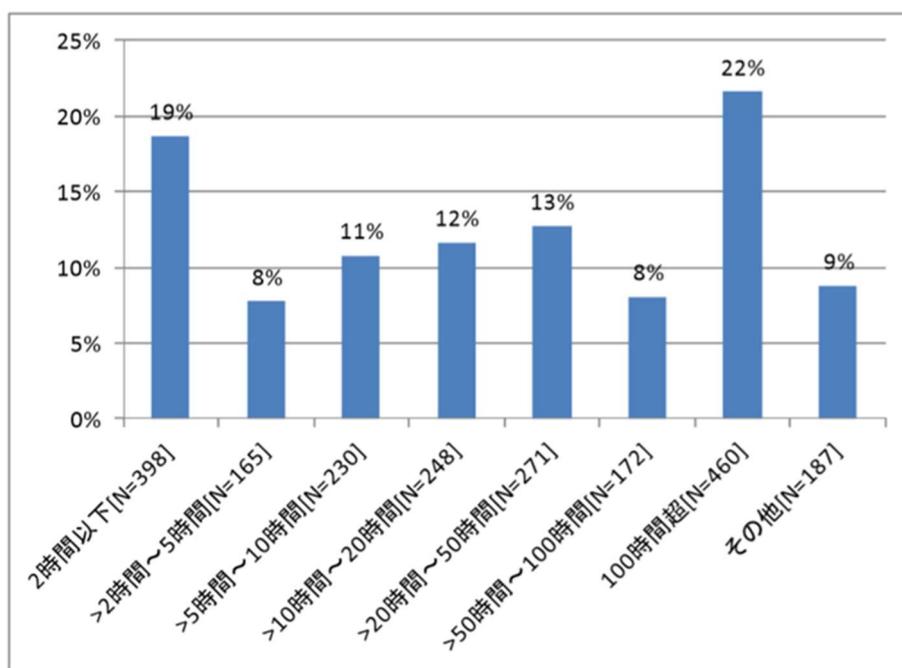
このように、後発企業の優位性のなかでも後発企業が先発企業の特許情報を利用することで自社の研究開発を促進して、後発企業であっても市場での優位性を得ようとしていることが分かる。



注 民間企業のサンプル。数値は技術分野全体の平均値

長岡 (2012) p46 より引用

図4. 知識源としての利用した文献の種類



注) 「その他」の回答は、上限値のみあるいは下限値のみの回答である。無回答数が 861。

長岡 (2012) p47 より引用

図 5. 特許文献の寄与の程度

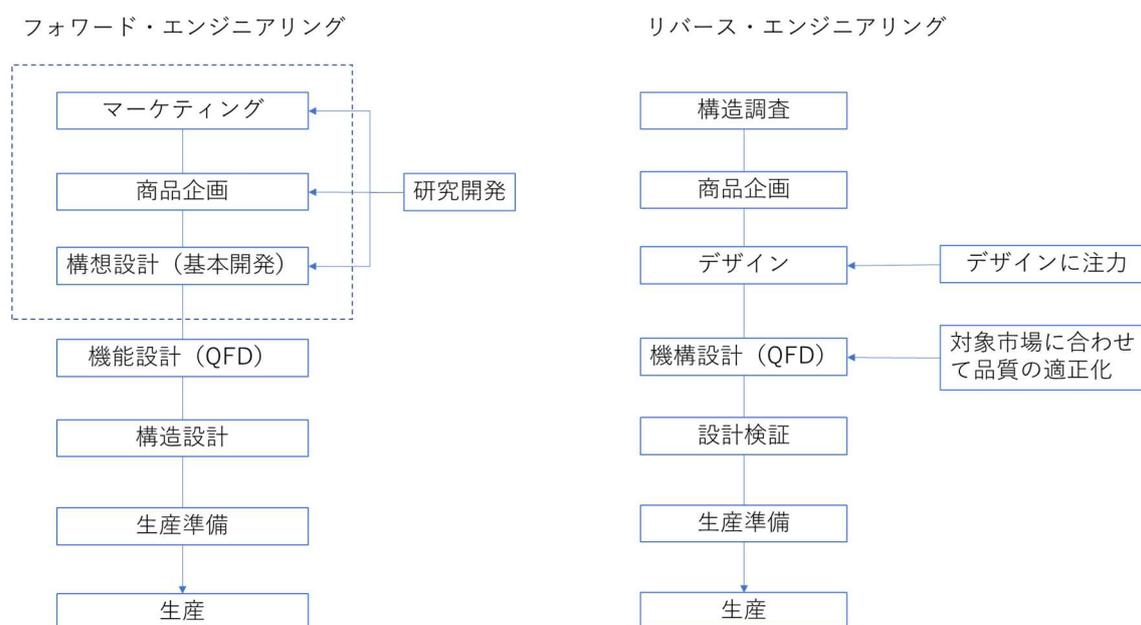
### 1.1.3 リバース・エンジニアリングによる他社情報の利用

糸久 (2009) はサムスン電子の製品開発プロセスからみた後発戦略の優位性について、サムスン電子元役員、同社の現役指導員、日本の電機メーカーに対してインタビュー調査を計 200 時間以上行っている。その結果、「該社はリバース・エンジニアリング型開発プロセスを採用することで、研究開発投資を節約しつつ、技術の不確実性を回避している」と説明している。また、「デザイン・機能面では情報収集力を活かすことで顧客要求を把握し、差別化や適正化することで競争優位性を確保している」ことを明らかにしている。

ここで図 6 に示したリバース・エンジニアリング型開発プロセスとフォワード・エンジニアリング型開発プロセスを対比しながら説明する。リバース・エンジニアリングとは他社が先進的な製品を上市した場合に、「その製品の構造調査 (ベンチマーク) から開発を始める」(糸久 2007) ことで基本技術に関する研究開発投資を可能な限り抑制し、さらに開発期間を短期間で終えることで競

争優位性を高める戦略である。「サムスン電子では、デジタル家電、生活家電、情報通信、半導体の分野と多分野にわたり基本的にリバース・エンジニアリングを用いた製品開発をしている」（糸久 2007）ことが指摘されている。

一方、フォワード・エンジニアリングは「マーケティングに基づいた自社の商品企画から開発を始める」（糸久 2007）ことで、新製品を他者に先駆けて上市する戦略であり、デファクトスタンダードの構築などができれば参入障壁を設けることで、事実上の独占市場を得ることも可能である。しかし、マーケティングや基礎研究にかかる費用や時間の負担をしなければならず、技術開発の失敗や将来需要の不確実性に対するリスクも負わなければならない。



糸川 (2007) p7,8 より筆者作成

図 6. フォワード・エンジニアリングとリバース・エンジニアリングの開発プロセス

従来は先発企業と後発企業という分け方をした場合に、先行者利益に注目した研究が多くなされており、後発者利益については個々の事例分析は散見されるが理論的な理解は十分されているとはいえない。詳細については 2 章で説明を行う。

## 1.2 研究の目的とリサーチ・クエスチョン

本研究の目的は、市場の成長性や将来規模には不確実性が伴うという企業環境のもと、複占市場において企業間の情報の公開と利用を考慮に入れた研究開発に関する投資判断のタイミングを考える枠組みを示すことである。

この研究の目的を基に、本研究ではメジャー・リサーチ・クエスチョン(MRQ)とサブリサーチ・クエスチョン(SRQ)を以下のとおり設定する。

- ・MRQ：複占市場において、先発企業の技術情報の公開と、後発企業の情報の利用がある場合に、研究開発投資の意思決定はどのように変化するか
- ・SRQ1：情報の利用はどのような条件のときに投資判断に有利に働くか
- ・SRQ2：情報の公開と利用が生じうる状況では、先発企業と後発企業の戦略はどのように考えられるか

## 1.3 研究の方法

研究手法としては、リアルオプション分析とゲーム理論を組み合わせたモデルを構築し分析を行う。リアルオプション分析は戦略的投資の柔軟性を考慮に入れた投資価値の評価を行うものであり、ゲーム理論は複数のプレーヤーを考慮に入れた意思決定を分析できる手法である。本研究では、これら二つの手法を融合することで、複占市場における新製品開発のケースを取り上げ、企業間で先発/後発企業の情報の公開と利用がどのように企業間の意思決定に影響をするかを検討する。

具体的には先発企業と後発企業に分けて、先発企業の技術情報を後発企業が自社の研究開発に適用できるという状況を想定した場合に各企業の意思決定にどのように影響をするのかを分析する。

## 1.4 本論文の構成

本論文の構成を図7に示す。はじめに、2章では、本研究の理論的背景について述べる。理論的背景では、まず2.1節で企業間の競合的状况で生じる後発企業効果について説明を行い、この競合的状况を分析する手段として2.2節でゲーム理論の概要、および2.3節で意思決定の考え方としてリアルオプション分析を説明する。そのうえで、2.4節で競合的状况をゲーム理論とリアルオプション分析を融合して分析している先行研究について言及する。次に、3章では理論的研究として、分析に用いるモデルを説明した後に後発企業が先発企業の情報を自社の研究開発に利用できる場合に、どのような条件の下で後発企業となることを選択するかについて分析を行う。また、具体的な数値を用いた計算例を示す。4章では、3章の結果の考察として、先発/後発企業に対する研究開発投資の意思決定に対して示唆を示す。最後に、5章では、各リサーチ・クエスチョンに対する回答に加え、理論的含意や実務的含意、本研究の課題について述べる。

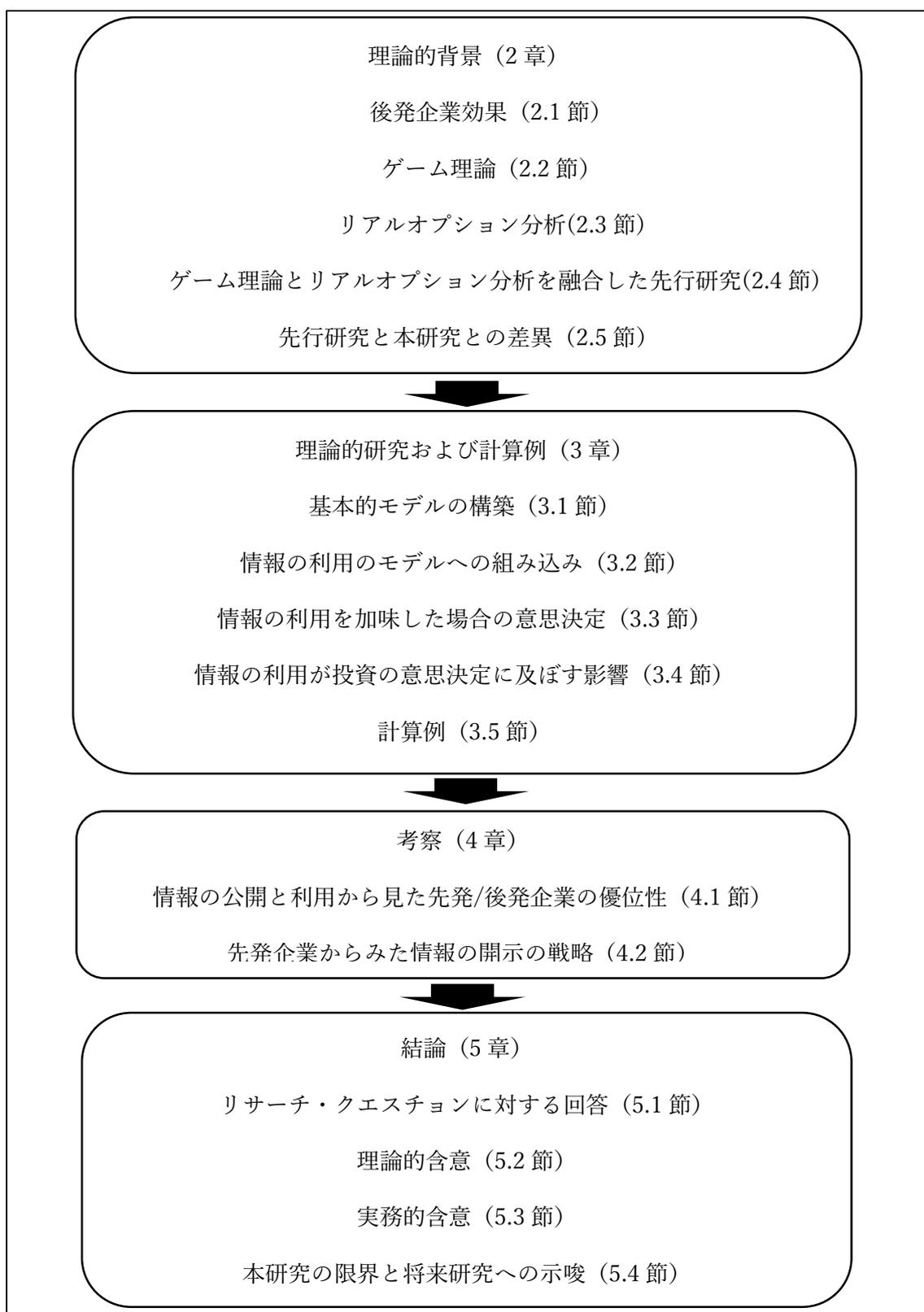
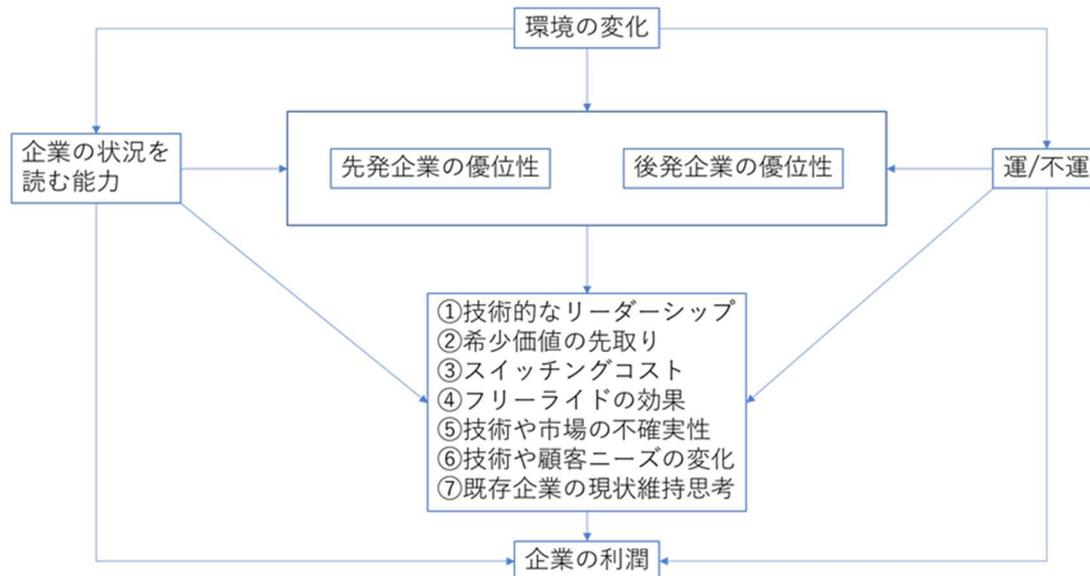


図 7. 本論文の構成

## 第2章 理論的背景

### 2.1 後発企業効果

Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B. (1987) によれば、先発企業の優位性は①技術的なリーダーシップ、②希少資源の先取り、③スイッチングコストの3点が挙げられる。また、後発企業の優位性については、④フリーライドの効果、⑤技術や市場の不確実性、⑥技術や顧客ニーズの変化、⑦既存企業の現状維持思考がある。企業の優位性は優れた経営資源だけでなく将来の技術や市場には不確実性が伴い必ずしも最適な環境で市場参入ができないという問題があることから、図8のように競争優位性には経営資源や企業の能力、外部環境の変化という運/不運だけでなく、上記の7つの要因が関連する市場への参入のタイミングが関係していることを指摘している。



Lieberman and Montgomery (1987) p33 より筆者作成

図8. 企業の利潤と先発企業/後発企業の優位性との関係

Lieberman and Montgomery (1998) は先発企業、後発企業の優位性を資源

ベース理論と結びつけて検討をしている。資源ベース理論では、競争優位性と企業が保有する経営資源の関係性について Barney, J. (1991) が VRIO フレームワークを提唱している。VRIO とは企業価値 (Value)、希少性 (rarity)、模倣困難性 (inimitability)、組織 (organization) を経営資源としてとらえるものである。このうち模倣困難性とは、戦略の選択と実行にあたって、希少かつ価値をもつ経営資源のことであり、これを他社に先駆けて保有した企業は競争優位性を獲得、先行者利益を獲得することができる。そして、先行者利益を獲得した企業はある一定期間のわたり市場において他社を上回る利潤を獲得する。

市場において自社の立場から経営戦略を区別ものとしては Kotler, P. and Keller, K. L. (2005=2008) の研究がある。Kotler らは企業の市場内での立ち位置を、リーダー、チャレンジャー、フォロワー、ニッチャーの 4 種類に分けて、それぞれの企業がとるべき競争戦略を示した。恩蔵 (2004) の説明によれば、リーダー企業とは当該市場において最大市場シェアを有する企業であり、とるべき戦略は市場全体の規模拡大である。チャレンジャー企業は市場シェアが 2 位、または 3 位の企業であり、相手企業の弱点への攻撃が戦略となる。フォロワー企業はわずかな市場シェアを持つ企業であり、模倣によるコスト節約が有力な戦略となる。チャレンジャー及びフォロワー企業の戦略では、相手企業が必要であるため、市場での立ち位置は後発企業と位置づけられると考えられる。

市場への参入のタイミングについて、先発企業と後発企業ではどちらが競争優位を持つのかについて、長と小田切 (2004) は家庭電気機器製品 10 品目 (例えば、電気洗濯機、ファクシミリなど) を取り上げ、事例分析をしている。この分析結果では、新しい市場に初めて製品を販売したパイオニア企業がマーケット・リーダー (成熟期末 3 年間の平均マーケットシェアが 1 位であること) になってはいないことを報告している。一方で、成熟期末でマーケット・リーダーの地位を占めているのは、一般消費者を対象としたマス・マーケットに初めて製品を販売した企業 (マス・マーケット・パイオニア) であり、初期追随者として成長期に市場に参入し経験を積むことが成功した企業の特徴であると述べている。この理由としては、「企業は社内で技術的能力を蓄積しつつ市場を窺い、他

社がパイオニアとして参入した市場の成長を見ながら、早期に追随して参入し、市場面と技術面で学習し、その後「マス・マーケットに対して大量生産による安価販売をすることが最適戦略である」ことを示していると推察している。しかし、この推察は具体的な分析ではなく現象を説明するための著者らの考察にとどまっている。

家庭電気製品以外の分野にも分析の範囲を広げた事例研究および後発企業効果の分析フレームワークを示した研究に久保（2016）の報告がある。久保は後発企業効果の概念を「遅れて市場参入した後発企業がトップ企業をキャッチアップし、ついには逆転を成し遂げることによって、当該市場の企業間競争を活性化させ、さらなる市場の拡大を可能にする効果」と規定し、国内市場におけるマーケットシェアを確認することで事例分析を行っている。これによると、後発企業効果が認められた市場として63市場があり、業種も製薬、家電、食品、化粧品・トイタリー、精密・情報機器など多岐にわたっていることを報告している。後発企業効果をどのように考えればよいかについては、後発企業が市場に参入し、マーケットシェアを逆転するまでの過程を市場参入前局面、市場参入局面、キャッチアップ局面、逆転局面の4つの局面に区別したうえで、後発企業の経営者は市場参入前局面において市場に参入することは可能性とそのタイミングに関しての意思決定が重要であることを提起している。しかし、この市場参入のタイミングについての具体的にどのように決定すべきかについては示していない。

## 2.2 ゲーム理論

ゲーム理論とは複数のプレイヤーが存在するときの意思決定の理論であり、意思決定の結果は自らの決定のみならず、他のプレイヤーが行った決定にも依存する、というゲーム的状况を考えることに特徴がある。「ゲーム的状况は『プレイヤー』『戦略』『利得』の3つの要素で表現され、プレイヤーとは意思決定主体であり、戦略は各プレイヤーが行動を決定する時点でどの選択肢をとるか前もって定めておく計画であり、利得はその結果に対する評価値のことである。また行動決定が時間の流れとともに行われていく状況を「木」の形で表す展開形と

呼ばれる表現がある」(武藤 2001)。

産業組織論で取り上げられるゲーム理論の代表的なものにクールノ競争、シュタケルベルグ競争がある。いずれも企業の利潤は企業間の競争の結果として求まるとするゲーム的状况を分析している。クールノ競争とは、寡占市場において同質的な製品を供給する企業を想定し、各企業は自社の利潤を最大にする生産量を同時に選ぶものである。また、シュタケルベルグ競争とは、クールノ競争では企業は同時に生産量を選ぶと想定しているのに対して、生産量の決定には企業間に順番があるとして、後から生産量を決定する企業は先に決めた企業の生産量を前提に自社の生産量を決定するというものである。そして、シュタケルベルグ競争では企業は先に生産量を決め、先行者利益を得ることが有利となる。これは、「シュタケルベルグ競争が、単に生産量を決めるだけでなく、生産能力を決める順序がある競争と考えるならば、最初に市場に参入した企業が投資を行うことにより生産能力を決めることができ、しかもその生産能力が競争から求められた生産量に対応可能となるならば、最初に大きな生産能力を得た企業は、実際の生産量を信頼できる形で他の企業に予測させる」(泉田・柳川 2008) ことで、後で参入する企業は制約のある中で自社の利潤を最大化する生産量を決めることが望ましくなるからである。

## 2.3 リアルオプション分析

投資判断の意思決定として「正味現在価値法 (NPV 法) が用いられる場合のキャッシュフローの予測は主観的なものになりがち」(Amram and Kulatilaka 1999=2001) であり、さらに研究開発の不確実性を反映しづらいことが指摘されている (西原 2008)。さらに、企業の意思決定は他社の行動にも影響を受けるという特徴がある。

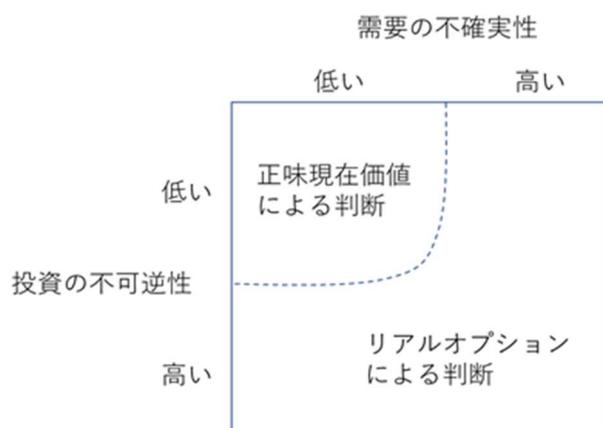
Copeland, T. and Antikarov, V (2001=2002) によると、「リアルオプションとは、決められた期間 (行使期間) 内に、決められたコスト (行使価格) で、何らかのアクション (延期、拡大、縮小、中止など) を行う権利 (義務ではな

い)」とされている。なお、実物投資に関するオプションがリアルオプションであり、「リアル」の用語は実物投資や実物資産からきている（砂川 2017）。

Amram, M. and Kulatilaka, N. (1999=2001) によると、リアルオプション分析が有効となる状況として以下の場合が挙げられる。

- 条件付意思決定がある場合
- 不確実性が大きく、不可逆投資（後戻りのできない投資）を行って失敗するよりは、さらなる情報を待った方が賢明と判断される場合
- プロジェクト価値の評価が、現在のキャッシュフローよりも将来の成長オプションを反映していると思われる場合
- 不確実性が大きく、柔軟な対応をしなければならない場合
- 将来において、プロジェクトの更新や修正が予想される場合

このうち、Adner, R. and Levinthal, D. A. (2004) は投資の不可逆性（大規模な装置導入や工場建設のように一度投資をすると、売却のような手法でその資本を回収することが難しいということ）と需要の不確実性との関係でどのような場合にリアルオプションを用いるべきかを図9のように示している。これによると、いずれかの要因が高い場合にはリアルオプションによる意思決定が好ましいことが分かる。



Adner and Levinthal (2004) p76 をもとに筆者作成

図9. リアルオプションによる判断が適している投資環境

研究開発投資に関する投資の意思決定については、「製薬業社の米 Merck はオプション理論を用いて研究開発テーマの GO/STOP を判断している」（木村 2015）という報告もある。また、金融経済学者である Myers, S. C. (1984) は、純粋な研究開発投資であれば、その評価はほとんどがオプション価値であり割引現在価値法（DCF 法）では評価ができない、と述べている。

Trigeorgis, L. and Reuer, J. J. (2017) は企業の戦略的な投資に関して、どの種類のオプションがどのような状況と関連があるかということをもとに 5 つに分類し表 2 のように整理している。研究開発投資は将来技術や市場の不確実性ゆえに柔軟な投資戦略が必要という立場からは延期オプションとの関連性が高いといえる。

表 2. リアルオプションの代表的な種類

オプションの種類	投資に関する状況
延期オプション	需要の不確実性がある市場参入の遅延または段階化
成長オプション	新規または海外市場への参入
契約オプション	プラントまたは外注契約の契約または規模の拡大
切替オプション	外国子会社での生産または供給業者の切替え
廃止オプション	状況が悪化した場合、市場から撤退、または技術の売却

Trigeorgis and Reuer (2017) p45 をもとに筆者作成

## 2.4 ゲーム理論とリアルオプション分析を融合した研究

### 開発投資の先行研究

個別の企業を取り巻く環境は独占市場でないかぎり競合他社の情報や意思決定に相互に影響を及ぼしている。このため、オプションを用いずに早期に市場参入を行いデファクトスタンダードのような参入障壁を設けることや、特許取得により法的権利を得ることが有利な状況がありうることは考えられる。複占市場あるいは寡占市場において需要の不確実性がある場合に、延期オプションを使用し柔軟性をもたせるか、早期に市場参入にコミットメントをすべきか、については他社の行動を考慮しながら自社の最適行動を決める場合は各社が互いに

合理的選択を行うという前提のもとゲーム理論とリアルオプションを統合して検討することは一つの有力な手法である。

複占市場という 2 企業に競争相手が限定される状況下における企業の投資のタイミングを考える場合にその状況は以下に要約される（今井 2004）。

- 1) 複占状況で 2 つの企業が新技術の採用のタイミングを考えている
- 2) 新技術を採用すれば、効率性（生産性）が上昇することが分かっている
- 3) 新技術の採用には投資額が必要である
- 4) 外生的な不確実性（需要）が存在する
- 5) マネジメントは、新技術を採用するタイミングを決定することが可能である
- 6) 競合他社が自社に先駆けて新技術を採用することは、自社の収益上好ましくない

今井（2004）によれば、「1）、5）は現在のところ旧技術を利用している 2 つの企業が、最適な新技術採用のタイミングを考える問題としてとらえることができ、3）は新技術の採用には投資が必要という条件を設けていることになる。一方、2）より新技術を採用すれば、生産性が上がるため、投資額と比較して生産性が十分に上昇すれば、投資プロジェクトの価値を増大させる可能性がある。したがって、各企業は投資額が十分小さければ、新技術を選ぶ動機をもっている。3）、4）からは需要が不確実であるため、新技術の採用に関して延期オプションが存在している可能性があるが、6）より競合状況においては、他に先んじて新技術を採用したほうが良い」ことを示している。2 つの企業のうち、先に新技術を採用する企業を先発企業、後から採用する企業を後発企業とすると、状況 6）ではいずれも後発企業となるよりは先発企業としての地位を確立したほうが良いことになる。しかし、早期参入は延期オプションを放棄することを意味することから、投資プロジェクトの価値は低下する可能性がある。

このような状況を考えると、1）、5）で挙げたように企業の新技術への投資の意思決定に関しては、2）、6）のような条件から競合企業に先んじて投資を積極的に

行うほうが有利であるという考えと、3)、4)のような条件から需要を見極めて自社に最適なタイミングになるまで投資を控えるほうが良いという考えが両存する。このトレードオフを分析するためにリアルオプションとゲーム理論を統合し検討することとなる。

なお、小田切(2010)によれば、「新製品導入による需要関数の上方シフトと、工程革新による費用関数の下方シフトはほぼ対称的」なものとして分析が可能であると説明している。このため、本研究では2)を、新技術を採用すれば新製品を導入でき企業の利潤が上昇する、という意味で捉えることとする。

リアルオプションとゲーム理論を統合した研究は幾つかのパターンに分けることができる。一つは、投資を行う時点の変数を連続的に捉えるモデルであり、株式の売買などのオプション分析で用いられる。もう一つは投資を行う時点を離散的に捉えるモデルである。本研究では離散モデルをもとに検討を行う。なお、投資の意思決定について、その投資額の閾値は連続モデルと離散モデルで類似した結果になることが指摘されている(後藤 2017)。他のパターンの分け方としては利潤の求め方がある。そのうちの一つは『企業の利潤は競争の均衡を計算した結果求まる』として利潤を内生的に求めるモデルである。このモデルの基本的な考え方は、企業の利潤は(価格×生産量)－生産費用で求まるというものであり、企業は自社の利潤が最大となる生産量または価格を決定するものである。代表的な研究例としては、2企業3期間のモデルを用いて1期目は市場へ参入するかどうかだけ決定し、2期目、3期目は需要の変動を加味したうえで市場への参入を決定する状況を分析している Smit, H. T. and Ankum, L. A. (1993)の報告がある。また、研究開発という活動を加味した研究として、Smit, H. T. and Trigeorgis, L. (2004)は2企業3期間のモデルとして、研究開発投資を1期目で判断し、2期目と3期目では研究開発投資をしたならば生産費用が低減するという設定のもと、需要の変動を加味したうえで市場への参入を決定する状況を分析している。情報の利用に関しては、小田切(2010)が寡占市場において、第一段階で各社が研究開発費を決定し、第2段階では生産量のクールノ均衡が成立する2段階モデルを分析している。この場合、情報流出の程度が大きいと各

社が研究開発費を抑制することを示し、その理由として技術開発の成果が、専有されずに競合企業を利することを恐れるからであると説明している。Chevalier-Roignant, B. and Trigeorgis, L. (2011)は情報流出の効果の他に、パテントライセンスを考慮したモデルの分析を行っている。これらクールノ競争、シュタケンゲルグ競争を分析の基本としながら、様々な状況を設定、付加することで競争の結果である各企業の生産量がどのように変化するかを分析した先行研究を表3にまとめた。

表3. 利潤を内生的なものとして求めるモデルを用いた先行研究

研究者	モデル	研究開発投資	概要
Smit and Ankum (1993)	2企業3期間で分析 2期目、3期目は需要が変動	考慮しない	プロジェクトの現在価値が小さいときは延期オプションが価値をもつ、競争優位な企業は需要が増加するか、相手が参入するまで待つべきである、ことを示した
Smit and Trigeorgis(2004)	2企業3期間で分析 2期目、3期目は需要が変動	1期目でのみ意思決定する	需要の大きさや1期目の研究開発投資額によって、クールノ競争、シュタケルベルグ競争による先発/後発企業の形成を数値例で示した
小田切 (2010)	n企業2期間で分析 2期目はクールノ均衡が成立するとして、情報流出を考慮	1期目でのみ意思決定する	スピルオーバーが大きいほど、また企業数が多いほど各社の研究開発投資は小さく、技術フローも小さくなる、ことを示した
Chevalier and Trigeorgis (2011)	2企業2期間で分析 情報流出とパテントライセンスを考慮	前提として研究開発投資の有無を決めておき、2企業間に生産費用の差をつけている	スピルオーバーの他にパテントライセンスも検討したパテントライセンスなし、ライセンス料固定、比例的ロイヤルティの3種類とパテントによる生産コスト低下の程度を場合分けし、分析例を示した

もう一つは『企業の利潤を外生的に与える』とするモデルである。このモデルの基本的な考え方は、競争状況によって得られる企業の利潤をモデルの前提として与えるものである（外生的とは、モデルの外部で値を自由に設定できることを意味している）。2企業の場合は、両社が投資する、自社のみ投資する、両社が投資しない、他社のみが投資する、の4つの状況が生じ各々に対応するキャッシュフローの値を前提として与えるものである。石川（2004）は2企業によって競合的投資が行われる市場のゲーム構造の下で、投資の延期オプションが価値をもつ条件とオプション価値の大きさを明らかにするために、2期目で需要の変動があることを加味した離散モデルを用いて分析をしている。Imai, J. and Watanabe, T. (2005)は2企業2期間で分析し、先発企業、後発企業があらか

じめ決まっているモデルで両社の投資の意思決定の閾値が投資費用によってどのように変化するかを分析した。また、今井と渡辺（2007）は企業の2企業2期間で分析を行う場合に特定の条件を満たすキャッシュフローの値を与えると複数均衡が生じて、唯一の意思決定が求められないという状況に対し、一方の企業が僅かに有利という仮定を設定した場合を検討している。これら企業の利潤を外生的に与えるモデルを用いて、各企業の投資の意思決定がどのように変化するかを分析した先行研究を表4にまとめた。

表4. 利潤を外生的に与えるモデルを用いた先行研究

研究者	モデル	概要
石川 (2004)	2企業2期間で分析 2期目は需要が変動する 独占、同時ゲーム、逐次 ゲームを分析	延期オプションが生じる条件とその価値の大きさを独占的 状況と競合的状況について比較、分析した
Imai and Watanabe(2005)	2企業2期間で分析 逐次ゲームを分析	先発企業、後発企業という前提を設け、競合的状況におい が投資の閾値のについてその詳細を理論的に求めた
今井、渡辺 (2007)	2企業2期間で分析 同時ゲームではNash均衡が 生じ完全に分析できない問 題を、一方の企業が僅かに 有利という仮定を設定した 場合を分析	有利と設定した企業がオプションを使用するがゆえに「柔 軟性の罠」と呼ばれる不利なはずの企業に後れをとり、投 資の機会を失うという現象が起こりうることを示した

## 2.5 先行研究と本研究との差異

先行研究と本研究との差異について、競合的状況における企業の研究開発投資の意思決定の観点から述べる。複数の企業が存在する競合的状況では、後発企業効果という観点から必ずしも企業は投資を他社に先駆けて行うことが有利であるとは限らない。2.1節で述べたように後発企業として活動する利点としては4つが挙げられ、ゲーム理論とリアルオプション分析を用いた先行研究では、このうちフリーライドの効果と需要の変動として技術や市場の不確実性を分析した先行研究がある。しかし、利潤を内生的に求めるモデルでは研究開発投資は複数期（先行研究では2期または3期）のうち、1期目でのみ意思決定が可能であり、2期目以降では意思決定はできない。また1期目には企業は利潤を得られないモデルである。つまり研究開発投資の期間は利潤が生じないモ

デルとなっている。これは利潤を内生的に求める場合に、研究開発の意思決定と需要の変動を分けて考えることで、計算を簡潔にしているものと推察できるが、このモデルはスタートアップのような既存事業がなく、新規事業のみを検討する場合は当てはまるが、1.1.1節で説明した市場を既に複占/寡占している企業の研究開発投資としては必ずしも実企業の活動を反映できていない点に分析の余地がある。また、利潤を外生的に与えるモデルでは研究開発投資を1期に行うこともモデルに組み込んでいる研究例がある。つまり、研究開発投資の期間にも利潤が生じる点を加味し分析がされている点が異なる。しかし、このモデルでは後発企業効果のうち需要の変動のみ考慮しており、その他の後発企業の利点（フリーライドの効果など）を組み入れた研究例は管見の限り見当たらない。必ずしもリアルオプション分析が後発企業効果と密接に議論をされていないからではないかと考えられる。

本研究では以上の点から、研究開発投資の期間にも利潤が生じる点を加味した利潤を外生的に与えるモデルを採用し、後発企業効果のうち、フリーライドの効果を考慮し、後発企業効果が生じうる市場環境/経営環境の条件を明らかにすることで、実社会で想定しうる企業の投資の意思決定に有益な新たな提言を行うものであり、この点において学術的/実務的な意義があると考えている。先行研究との差異を図10に示した。



図 10. 本研究の位置づけ

## 第3章 理論的研究及び考察

### 3.1 基本的モデルの構築

企業が競争状況にある条件で競合的な研究開発投資を行う場合の意思決定のモデルを示す。複占市場として、X社、Y社が市場に存在する状況を考える。2社は市場に既に製品を供給している状況であり（この製品を旧製品とよぶ）、研究開発投資を行えば旧製品に替えて新たな製品（新製品とよぶ）を市場に供給できるものとする。2期間における意思決定を考え、1期目および2期目のいずれでも投資の意思決定を行うことができるが、2期目に投資をする場合は需要動向を見極めたうえで決定ができるものとする。さらに、他社が1期目に研究開発投資を行い、市場に新製品を供給していれば、その製品開発に関する情報を得ることが可能であり、2期目に自社が投資を行う場合には研究開発に要する費用を低減できる可能性があるものとする。

このような競争状況を2期目で需要の変動がある離散モデルである石川（2004）の研究を参考に、情報の利用の効果（フリーライドの効果）を加味した2時点の離散モデルとして構築する。各期において、両企業が獲得するキャッシュフローを次のように設定する。2企業が共に新たな研究開発投資をしない場合は、各期末に得られる一社あたりのキャッシュフローは  $R_1$ 、両企業が共に新たな投資をする場合は各期末に得られるキャッシュフローは  $R_2$ 、また一方の企業のみが投資を行った場合のキャッシュフローは投資を行った企業では  $R_3$ 、投資を行わなかった企業では  $R_4$  とする（表5）。

表5. 両社の投資行動により得られるキャッシュフロー

キャッシュフローのパラメーター	
両企業が共に新たな研究開発投資をしない	$R_1$
両企業が共に新たな投資をする	$R_2$
一方の企業のみが投資を行った場合であり、投資を行った企業	$R_3$
一方の企業のみが投資を行った場合であり、投資を行わなかった企業	$R_4$

研究開発は単純化のため必ず成功すると考え、 $R_3 > R_2 > R_1 > R_4$  となるものとする。これは自企業および競合企業で供給している製品の水準によって自企業の利益が異なることを意味する。さらに $(R_3 - R_1) > (R_2 - R_4)$  となるものとして、相手が旧製品の供給をしている状況下で自社が新製品を採用する利益は、相手がすでに新製品を採用している条件下で自社も新製品を採用する場合よりも大きいものとする。この仮定は複数の企業が参入することによって各企業の分け前が減少するような市場の状況を表しているといえる。また、投資は1期に行えば2期目もその状況は継続し、投資をする場合の意思決定は取り消すことはないとする。2期目で需要が増加する確率を  $p$ 、減少する確率を  $q$ 、割引率を  $r$  とする。また需要が増大するときキャッシュフローは  $\alpha$  倍となり、減少するとき  $\beta$  倍になるものとする。ここで  $p + q = 1$ 、 $p, q > 0$ 、 $\alpha \geq 1 \geq \beta \geq 0$ 、 $1 > r \geq 0$  である。なお、研究開発を行う場合は投資  $I$  が必要であり、得られるキャッシュフローには投資を含まないものとする。

### 3.2 情報の利用のモデルへの組み込み

本節では情報の利用についてどのようなケースを想定してモデルへ組み込んでいるかを説明し、さらに具体的なモデルへの組み込む手法を示す。情報の利用は、研究開発投資を X 社が1期目に先行し Y 社が2期目に追隨して投資をする場合は、Y 社は X 社の技術情報を利用できるものとする (Y 社が1期目に投資を先行していれば X 社が技術情報を利用できる)。両社が1期目または2期目に同時に投資を行う場合には情報の利用がなく、1期と2期を通して両社が投資を行わない場合も情報の利用は生じないものとする。

本研究で想定している製造業の新製品開発に関する研究開発の場面 (プロダクトイノベーション) では工程革新 (プロセスイノベーション) と異なり、何らかの製品が市場に供給されることになる。競合他社は上市された製品を分解、分析、観察を通して、その特徴や性能を解析するリバース・エンジニアリング的手法を用いることができる。また、製品を分解することでリバース・エンジニアリングがされてしまう場合には特許権の取得などをして法的保護を求めることが

考えられるが、特許法では特許権という独占的排他権を設定し発明の保護を図る一方で、その公開によって技術の進歩を促進することにより発明の保護と利用のバランスをとっている（特許法1条、64条）。このような状況では法的権利を確保しても、研究開発投資により得られた技術のすべてについて専有性を得ることは難しく、特許権に抵触しない形で同様の製品や工程を工夫するいわゆる迂回発明のような手法で競合企業への情報流出は生じうると考えられる。また、学会発表や新聞報道などの媒体への資料も公開情報として利用しうる。他社の研究開発に関する情報を断片的、または間接的にでも得ることができた企業は合法的にその情報を自社の研究開発に利用することで研究開発に要する費用を削減できると考えられる。

ここで、投資を後から行うことで情報の利用ができ、投資費用を低減ができる程度を  $\gamma$  ( $0 \leq \gamma \leq 1$ ) とする。情報の利用がない場合は、投資費用は  $I$  であるが、後発企業として情報の利用ができる場合は投資費用を  $\gamma I$  として、 $\gamma = 0$  のときは自社の研究開発投資をせずとも、新製品の供給が可能な状況（完全なフリーライド）を示しているものとして、 $\gamma = 1$  のときは自社の投資に対する低減効果がないものとする。すなわち、本モデルに導入した係数  $\gamma$  は小さいほど投資額が小さいことを意味するものである。

次に X 社、Y 社で  $\gamma$  の値が異なる状況を導入する。後発企業効果のうち、市場の不確実性は企業がコントロールできない業界全体に共通な景気動向という面が強いが、情報の利用は自社の情報収集力やそれを活かす企業努力による部分も大きい。つまり、企業の模倣力は企業の内生的な能力に依存することが考えられ、それは想定している企業間で全く等しいと仮定する必要はない、と考えることが可能である。このため、X 社と Y 社の投資費用の低減できる程度を  $\gamma_X$ 、 $\gamma_Y$  と区別してモデルに適用することとする。

これら状況を表す意思決定の枝分かれ図 11 を示す。まず X 社と Y 社は 1 期において、競合企業の投資判断を知らない状況で自社の判断を行う。次に 2 期では両社は競合企業の投資判断と需要の増減の情報を把握したうえで投資判断を行う。2 期において、もし 1 期に両社ともに投資をしていなければ、2 期の投

資判断でも競合企業の投資判断を知らない状況で自社の判断を行うものとする。

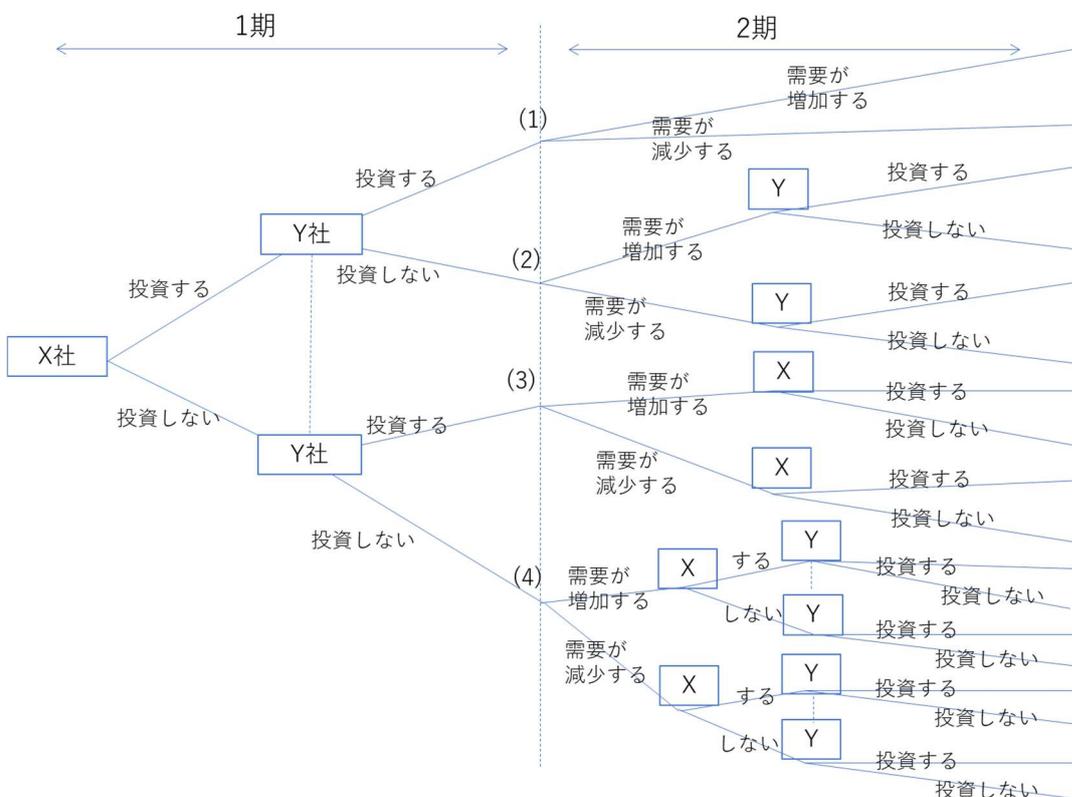


図 11. X 社、Y 社の投資判断の枝分かれ図

### 3.3 情報の利用を加味した場合の意思決定

本節ではモデルで設定した需要が増大するときキャッシュフローは $\alpha$ 倍、減少するときは $\beta$ 倍になるという状況の下で情報の利用が投資の意思決定にどのように影響を及ぼすかを示す。

枝分かれ図で示した 2 企業 2 時点モデルにおいて、各企業が 1 期目に投資をするか、2 期目に投資をするか、またはいずれの期でも投資をしないかは、各企業の得られるキャッシュフローから投資費用を差し引いた場合に、どの段階で投資を行うことが企業の利潤を最大化できるかに依存する。本研究では、1 期と 2 期のキャッシュフローの合計から投資費用を差し引いたものの割引現在価値を企業の利得と定義する。

枝分かれ図の(1)～(4)のケースにおける各企業の利得は下記のように求めることができる。

(1)のケース：

両社が1期に投資をする場合は、2期では両社は投資をせず、利得は両社で同じになる。これを表6に示す。

表6. 両社が1期に投資をした場合のX社、Y社の利得

両社の1期の意思決定	X社の利得
1期に必ず研究開発投資をする	$R_2 - I + (p\alpha R_2 + q\beta R_2)/(1+r) \dots \dots \textcircled{1}$
両社の1期の意思決定	Y社の利得
1期に必ず研究開発投資をする	$R_2 - I + (p\alpha R_2 + q\beta R_2)/(1+r) \dots \dots \textcircled{2}$

(2)のケース：

X社は1期で投資を行いY社は1期では投資を見合わせ、2期において1期のX社の意思決定と2期の需要動向、および情報の利用を前提として意思決定を行う。この場合、X社とY社の利得は2期における意思決定次第で異なる。これを表7で示す。なお2期においてY社は表7に示す4パターンの意思決定を行うことができる。

表 7. X 社のみが 1 期に投資をした場合の X 社、Y 社の利得

Y 社の 2 期の意思決定	X 社の利得
2 期に必ず研究開発投資をする	$R_3 - I + [p \alpha R_2 + q \beta R_2] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{3}$
需要が増加した場合にのみ、2 期に研究開発投資をする	$R_3 - I + [p \alpha R_2 + q \beta R_3] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{4}$
需要が減少した場合にのみ、2 期に研究投資投資をする	$R_3 - I + [p \alpha R_3 + q \beta R_2] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{5}$
需要の増減に関わらず 2 期に研究開発投資をしない	$R_3 - I + [p \alpha R_3 + q \beta R_3] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{6}$

Y 社の 2 期の意思決定	Y 社の利得
2 期に必ず研究開発投資をする	$R_4 + [p(\alpha R_2 - \gamma \gamma l) + q(\beta R_2 - \gamma \gamma l)] / (1+r) \dots \textcircled{7}$
需要が増加した場合にのみ、2 期に研究開発投資をする	$R_4 + [p(\alpha R_2 - \gamma \gamma l) + q \beta R_4] / (1+r) \dots \dots \textcircled{8}$
需要が減少した場合にのみ、2 期に研究投資投資をする	$R_4 + [p \alpha R_4 + q(\beta R_2 - \gamma \gamma l)] / (1+r) \dots \dots \textcircled{9}$
需要の増減に関わらず 2 期に研究開発投資をしない	$R_4 + [p \alpha R_4 + q \beta R_4] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{10}$

(3) のケース :

Y 社は 1 期で投資を実行できるが X 社は 1 期では投資を見合わせ、2 期において 1 期の Y 社の意思決定と 2 期の需要動向、および情報の利用を前提として意思決定を行う。(2)における Y 社の立場と X 社の立場が入れ替わる。この場合の、X 社と Y 社の利得を表 8 に示す。

表 8. Y 社のみが 1 期に投資をした場合の X 社、Y 社の利得

X 社の 2 期の意思決定	X 社の利得
2 期に必ず研究開発投資をする	$R_4 + [p(\alpha R_2 - \gamma \gamma l) + q(\beta R_2 - \gamma \gamma l)] / (1+r) \dots \textcircled{11}$
需要が増加した場合にのみ、2 期に研究開発投資をする	$R_4 + [p(\alpha R_2 - \gamma \gamma l) + q \beta R_4] / (1+r) \dots \dots \textcircled{12}$
需要が減少した場合にのみ、2 期に研究投資投資をする	$R_4 + [p \alpha R_4 + q(\beta R_2 - \gamma \gamma l)] / (1+r) \dots \dots \textcircled{13}$
需要の増減に関わらず 2 期に研究開発投資をしない	$R_4 + [p \alpha R_4 + q \beta R_4] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{14}$

X 社の 2 期の意思決定	Y 社の利得
2 期に必ず研究開発投資をする	$R_3 - I + [p \alpha R_2 + q \beta R_2] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{15}$
需要が増加した場合にのみ、2 期に研究開発投資をする	$R_3 - I + [p \alpha R_2 + q \beta R_3] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{16}$
需要が減少した場合にのみ、2 期に研究投資投資をする	$R_3 - I + [p \alpha R_3 + q \beta R_2] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{17}$
需要の増減に関わらず 2 期に研究開発投資をしない	$R_3 - I + [p \alpha R_3 + q \beta R_3] / (1+r) \dots \dots \dots \textcircled{18}$

(4) のケース：

(1)から(2)までの状況と異なり、X社とY社は1期でいずれも投資を行わないので両社のキャッシュフローは需要動向とX社とY社の2期における意思決定により決まることになる。需要が増加した場合は、X社とY社のキャッシュフローから投資費用を差し引いた値は図12のような利得表（2期目の割引前の利得のみを示す）で表すことができる。同様に需要が減少した場合のキャッシュフローから投資費用を差し引いた値も図13のような利得表（2期目の割引前の利得のみを示す）で表すことができる。(4)のケースでは情報の利用は生じない。

		Y社	
		投資をする	投資をしない
X社	投資をする	$\alpha R_{2-l}, \alpha R_{2-l}$	$\alpha R_{3-l}, \alpha R_4$
	投資をしない	$\alpha R_4, \alpha R_{3-l}$	$\alpha R_1, \alpha R_1$

図12. 需要が増加した場合の各企業の2期目の利得

		Y社	
		投資をする	投資をしない
X社	投資をする	$\beta R_{2-l}, \beta R_{2-l}$	$\beta R_{3-l}, \beta R_4$
	投資をしない	$\beta R_4, \beta R_{3-l}$	$\beta R_1, \beta R_1$

図13. 需要が減少した場合の各企業の2期目の利得

(4)のケースでは両社は1期目に研究開発投資をしていないため1期目の両社の利得は同じである。2期目の投資判断により、企業間に異なる利得が生じうるが、本研究ではX社とY社は相手の2期目の投資判断は分からないまま同時に意思決定を行うと仮定しているため（同時ゲームを仮定しているため）、両社の意思決定は2期目のナッシュ均衡を分析することが妥当である。このゲームにおけるナッシュ均衡は $R_1 \sim R_4$ の大きさによって決まる。例えば需要が増加する場合は、 $\alpha (R_2 - R_4) > I$ かつ $\alpha (R_3 - R_1) > I$ であればX社とY社は両社ともに投資することが支配戦略となり、 $\alpha (R_2 - R_4) < I$ かつ $\alpha (R_3 - R_1) < I$ ならばXもYも投資し

ないことが支配戦略となる。しかし、 $\alpha(R_2-R_4) < I$  かつ  $\alpha(R_3-R_1) > I$  の条件を満たす場合、(Xは投資する, Yは投資しない) と (Xは投資しない, Yは投資する) という2つのナッシュ均衡が存在する。需要が増加するケースでは、分析の前提より、パラメータ間の関係が必ずこの3パターンのいずれかになる。このため、これら3つのパターンを検討すればよい。また、需要が減少する場合も同様に考えることができる。

本分析では3.1節で設定の通り、相手企業よりも先に新製品を採用する方が、後から追従して新製品を採用するよりも利潤が大きいという状況を考えている。また、他社が追従して新製品を採用すると自社の利潤が低下する状況を検討している。このため、 $R_3-R_1 > R_2-R_4$  の前提条件のもと両者の意思決定の選択肢を考えると、(a)  $\beta(R_2-R_4) > I$  のとき需要に関わりなく両社は投資する、(b)  $\alpha(R_3-R_1) < I$  のとき需要に関わりなく両社は投資しない、(c)  $\beta(R_3-R_1) < I < \alpha(R_2-R_4)$  のときは需要が増加した場合は両社が投資し、需要が減少した場合には両社は投資しない。(c)の条件を満たすために、今後の分析では  $\beta(R_3-R_1) < \alpha(R_2-R_4)$  も条件とする。(d) 上記以外の場合は、需要が増加した場合または減少した場合、もしくは需要の増減とは関わらず、少なくともナッシュ均衡が複数存在する場合が生じてしまう。ナッシュ均衡が複数存在する場合は、どのナッシュ均衡が成立するかを特定できない、という複数均衡の問題が生じる。数理的な考え方として、投資の意思決定を確率として表現する混合戦略があるが、このような行動は実社会の投資の意思決定では必ずしも一般的な考え方ではないと想定され、複数均衡の場合は企業の中長期計画や経営ビジョンなどを含めて総合的に判断されるものと考えられる。また(a)のケースでは、それほど多くの投資をせずに新製品開発が可能な場合などが考えられ(例えば既存設備で研究開発が可能な場合)、(b)はその逆で多額の投資が研究開発に必要な場合が想定される。そして、(c)はその中間のケースを示す状況と捉えることができる。本研究では実務的な視点から(a)、(b)では投資判断の困難性は小さいと考えられること、複数均衡が生じる(d)の状況は総合的な経営判断が求められることから、これらの条件での分析を行わずに、企業が詳細な投資判断を要する(c)の状況の分析に焦点を当て進め

ることとする。(4)のケースで分析を行う X 社と Y 社の利得を表 9 に示す。

表 9. 両社が 1 期に投資をしない場合の X 社、Y 社の利得

両社の2期の意思決定	X社の利得
需要が増加した場合のみ両社は投資する * $\beta (R_3-R_1) < I < \alpha (R_2-R_4)$	$R_1 + [p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1] / (1+r) \cdots \cdots \textcircled{19}$
両社の2期の意思決定	Y社の利得
需要が増加した場合のみ両社は投資する * $\beta (R_3-R_1) < I < \alpha (R_2-R_4)$	$R_1 + [p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1] / (1+r) \cdots \cdots \textcircled{20}$

これら検討したモデルをもとに X 社と Y 社の意思決定を分析する。分析は後ろ向き帰納法の考え方で、まず 2 期に生じる部分ゲームを解いて、それをもとに 1 期目の同時決定ゲームのナッシュ均衡を考える。

まず、図 11 に示した枝分かれ図中の(1)のケースでは、両社が 1 期目に投資をするため、2 期に意思決定を行うことはない。自然（需要を決定）のみ意思決定する部分ゲームである。

次に、枝分かれ図中の(2)のケースでは、1 期目に X 社が投資を行い、Y 社は 2 期目に投資をするかどうかを検討する。2 期目の部分ゲームの利得を枝分かれ図を用いて示した (図 14)。なお、図中の X 社、Y 社の利得は 2 期目の割引前の利得のみを示す。ここで Y 社が投資をするかどうかは情報の利用  $\gamma_Y$  の値によって異なる。需要が増加した場合に Y 社が投資をする条件は  $(\alpha / \gamma_Y)(R_2 - R_4) > I$  が成り立つ場合であり、投資をしない場合の条件は  $(\alpha / \gamma_Y)(R_2 - R_4) < I$  が成り立つ場合である。3.3 節で本研究が分析の対象とする投資費用 I の範囲を設定している。この投資費用の範囲において 2 期の部分ゲームを考える。  $\beta (R_3 - R_1) < I < \alpha (R_2 - R_4)$  の範囲では、  $\beta \leq \alpha$ 、  $0 \leq \gamma_Y \leq 1$  から、  $(\alpha / \gamma_Y)(R_2 - R_4) > I$  は常に成立する。したがって、Y 社は 2 期に投資を行うことになる。需要が減少した場合に Y 社が投資をする条件は  $(\beta / \gamma_Y)(R_2 - R_4) > I$  が成り立つ場合であり、投資をしない場合の条件は  $(\beta / \gamma_Y)(R_2 - R_4) < I$  が成り立つ場合である。需要が増加した場合と同様に設定した投資費用 I の範囲において 2 期の部分ゲームを考える。  $\beta (R_3 - R_1) < I < \alpha (R_2 - R_4)$  の範囲では、2 期に需要が減少した場合に投資する  $\gamma_Y$  の閾値は

$\gamma_Y < [(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)]$ である。

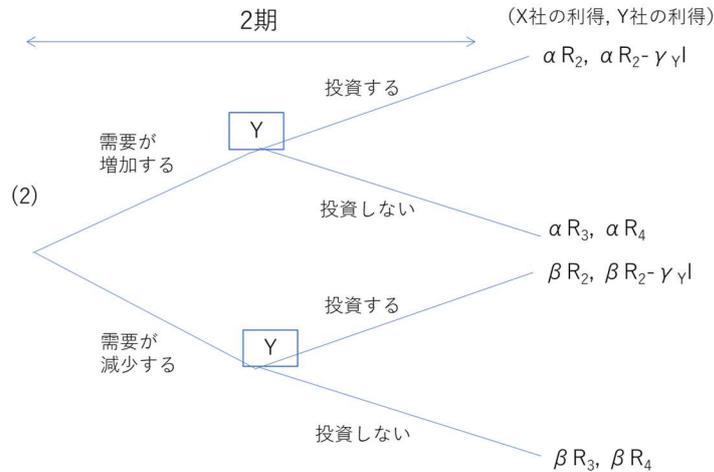


図 14. ケース(2)の 2 期目の部分ゲーム

ケース(2)の 2 期の部分ゲームの解をまとめると、 $\beta (R_3 - R_1) < I < \alpha (R_2 - R_4)$  の範囲では  $0 \leq \gamma_Y < [(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)]$  では需要の増減に関わりなく 2 期に投資し、 $[(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)] < \gamma_Y \leq 1$  では需要が増加した場合に Y 社は 2 期に投資する。これは、情報の利用のメリットが大きい場合は、需要の増減によらず情報を利用して投資するという選択枝をとることが可能となり、そうでない場合は需要をみて投資するかどうかを判断するということを意味している。

ケース(2)の 2 期の部分ゲームの解を表 10 に整理した。

表 10. ケース(2)の 2 期の部分ゲームでの Y 社の投資に関する  $\gamma_Y$  の閾値

投資費用の範囲	必ず2期に投資する	需要が増加した場合に2期に投資する	2期に投資しない
$\beta (R_3 - R_1) < I < \alpha (R_2 - R_4)$	$0 \leq \gamma_Y < [(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)]$	$[(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)] < \gamma_Y \leq 1$	—————

枝分かれ図中の(3)のケースでは、1 期目に Y 社が投資を行い、X 社は 2 期目に投資をするかどうかを検討する。2 期目の部分ゲームの利得を枝分かれ図を用いて示した(図 15)。これは(2)のケースで X 社と Y 社を入れ替えた結果となる。

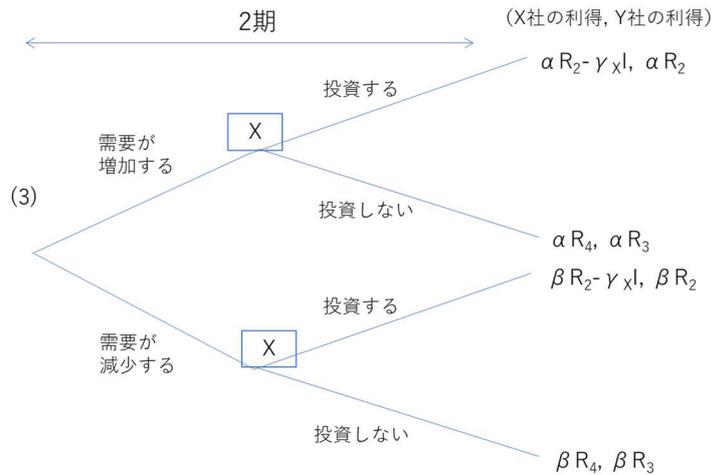


図 15. ケース(3)の 2 期目の部分ゲーム

枝分かれ図中の(4)のケースは、図 12、図 13 で 2 期の部分ゲームをすでに分析をしている。本研究では後発企業効果として後発企業が先発企業の情報を利用できる（フリーライドの効果）状況を設定している。また模倣力は企業間で同一と考える必要はなく、X 社と Y 社で  $\gamma$  の値が異なる状況を想定している。後発企業効果のメリットが大きく反映される状況を分析するために、これからの検討では、X 社と Y 社のうち、他社の情報を収集し利用できる企業を Y 社と仮定とした場合の分析を行う（つまり  $\gamma_X=1$ ）。

次に 1 期での X 社と Y 社の投資判断について検討を行う。1 期では両社は研究開発投資をするか、しないかのいずれかの判断を行う。これら決定は 2 期の利得を考慮して判断され、利得が最大になる意思決定を行う。

$\beta(R_3-R_1) < I < \alpha(R_2-R_4)$  [(c)のケース]の範囲では、ケース(2)において  $\gamma_Y$  の値によって Y 社の 2 期の部分ゲームの投資行動が異なる。X 社は  $\gamma_X=1$  としているため、1 期に投資をしないならば、2 期は需要が増加した場合のみに投資を行うことになる。

I) 枝分かれ図(2)において、 $0 \leq \gamma_Y < [(R_2-R_4)/(R_3-R_1)]$  の場合の 2 期の部分ゲームは、Y 社は 2 期に必ず投資をする。図 16 には X 社、Y 社が 1 期目に投資をした場合、しない場合での得られる利得を示している。本分析の条件では、X 社

が1期目に投資しない場合は、2期に需要が増加したら投資を行う。Y社は1期目に投資をしない場合は、2期目に需要に関わりなく投資を行うことになる。図16中の番号は本節前半で導入したX社、Y社の利得を求める式番号を示している（以下、同じ）。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	③, ⑦
	1期に投資しない	⑫, ⑯	⑱, ⑳

図 16.  $0 \leq \gamma_Y < [(R_2 - R_4)/(R_3 - R_1)]$  の条件下での両社の利得

X社とY社の投資判断が変化する投資費用Iの閾値を計算する。

$$\begin{aligned} \text{①式} - \text{⑫式} : R_2 - I + (p \alpha R_2 + q \beta R_2)/(1+r) - \{R_4 + [p(\alpha R_2 - I) + q \beta R_4]/(1+r)\} > 0 \\ \therefore [(1+r+q\beta)/(r+q)]/(R_2 - R_4) > I \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{③式} - \text{⑳式} : R_3 - I + (p \alpha R_2 + q \beta R_2)/(1+r) - \{R_1 + [p(\alpha R_2 - I) + q \beta R_1]/(1+r)\} > 0 \\ \therefore [(1+r)/(r+q)](R_3 - R_1) + [q\beta/(r+q)](R_2 - R_1) > I \end{aligned}$$

②式 - ⑦式 :

$$\begin{aligned} R_2 - I + (p \alpha R_2 + q \beta R_2)/(1+r) - \{R_4 + [p(\alpha R_2 - \gamma_Y I) + q(\beta R_2 - \gamma_Y I)]/(1+r)\} > 0 \\ \therefore [(1+r)/(1+r - \gamma_Y)](R_2 - R_4) > I \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{⑯式} - \text{㉓式} : R_3 - I + (p \alpha R_2 + q \beta R_3)/(1+r) - \{R_1 + [p(\alpha R_2 - I) + q \beta R_1]/(1+r)\} > 0 \\ \therefore [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) > I \end{aligned}$$

Y社が2期に需要の増減に関わりなく投資をする場合、 $\beta(R_3 - R_1) < I < \alpha(R_2 - R_4)$ の範囲内で投資費用Iが変化することでナッシュ均衡が変化する。これら投資費用Iの閾値はパラメータの設定により順序が変化するが、以下に一例として、投資の閾値が $\beta(R_3 - R_1) < [(1+r)/(1+r - \gamma_Y)](R_2 - R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2 - R_4) < [(1+r)/(r+q)](R_3 - R_1) + [(q\beta)/(r+q)](R_2 - R_1) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) < \alpha(R_2 - R_4)$ の順となる場合のナッシュ均衡を示す。このような投資の閾値の順番が生じうることは3.5節の数値を用いた計算例で説明する。

i)  $\beta (R_3 - R_1) < I < [(1+r)/(1+r - \gamma_Y)](R_2 - R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2 - R_4) < [(1+r)/(r+q)](R_3 - R_1) + [(q\beta)/(r+q)](R_2 - R_1) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) < \alpha (R_2 - R_4)$  の場合は、ナッシュ均衡は両社が1期に投資をすることになる。各社の意思決定を図17に示す。このように投資費用が小さい場合は、1期に投資をして早期に大きなキャッシュフローを得ることが有利となる。なお、図中の下線が最適応答、太字がナッシュ均衡を示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	<u>①, ②</u>	<u>③, ⑦</u>
	1期に投資しない	<u>⑫, ⑯</u>	<u>⑰, ⑳</u>

図17. i)条件下での両社の利得

ii)  $\beta (R_3 - R_1) < [(1+r)/(1+r - \gamma_Y)](R_2 - R_4) < I < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2 - R_4) < [(1+r)/(r+q)](R_3 - R_1) + [(q\beta)/(r+q)](R_2 - R_1) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) < \alpha (R_2 - R_4)$  の場合は、ナッシュ均衡はX社が1期に投資を行い、Y社は2期に必ず投資をすることになる。各社の意思決定を図18に示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	<u>①, ②</u>	<u>③, ⑦</u>
	1期に投資しない	<u>⑫, ⑯</u>	<u>⑰, ⑳</u>

図18. ii)条件下での両社の利得

iii)  $\beta (R_3 - R_1) < [(1+r)/(1+r - \gamma_Y)](R_2 - R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2 - R_4) < I < [(1+r)/(r+q)](R_3 - R_1) + [(q\beta)/(r+q)](R_2 - R_1) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) < \alpha (R_2 - R_4)$  の場合は、ナッシュ均衡は「X社が1期に投資を行い、Y社は2期に必ず投資をすること」と「Y社が1期に投資し、X社が2期に需要が増加した場合に投資すること」に2つが生じる。これは自社が1期に投資することが好ましいが、両社が1期に投資をすると逆に利潤が低下してしまう。このため、他社が投資をしなければ自社は投資したほうが良く、他社が投資をするならば自社は投資をしないほうが良いという、いわゆる「チキンゲーム」の状況である。複数のナッシュ均衡が生じる場合は、他の要素を勘案し

た企業の投資判断が行われるものと考えられる。各社の意思決定を図 19 に示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	③, ⑦
	1期に投資しない	⑫, ⑬	⑱, ⑳

図 19. iii)条件下での両社の利得

iv)  $\beta (R_3 - R_1) < [(1+r)/(1+r - \gamma_Y)](R_2 - R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2 - R_4) < [(1+r)/(r+q)](R_3 - R_1) + [(q\beta)/(r+q)](R_2 - R_1) < I < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) < \alpha (R_2 - R_4)$  の場合のナッシュ均衡は、Y社が1期に投資し、X社が2期に需要が増加した場合に投資することになる。Y社はX社が、投資費用が大きくなると2期に投資を行うとして、Y社が1期に投資し大きなキャッシュフローを得るか、2期に投資をするかを検討する。しかし、X社が2期に投資をする場合ではY社は情報の利用ができない。さらに前提からY社は1期に投資をしない場合は、2期目には需要の増減に関わらず投資を行う（需要が減少しても投資を行う）ことになる。この場合は、Y社は2期に必ず投資をする前提ならば1期に投資した方が有利となる。各社の意思決定を図 20 に示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	④, ⑦
	1期に投資しない	⑫, ⑬	⑱, ⑳

図 20. iv)条件下での両社の利得

v)  $\beta (R_3 - R_1) < [(1+r)/(1+r - \gamma_Y)](R_2 - R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2 - R_4) < [(1+r)/(r+q)](R_3 - R_1) + [(q\beta)/(r+q)](R_2 - R_1) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) < I < \alpha (R_2 - R_4)$  の場合は、ナッシュ均衡は両社が2期に需要が増加した場合に投資することになる。各社の意思決定を図 21 に示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	③, ⑦
	1期に投資しない	⑫, ⑯	⑲, ⑳

図 21. v)条件下での両社の利得

II)  $[(R_2-R_4)/(R_3-R_1)] < \gamma_Y \leq 1$  の場合の 2 期の部分ゲームは、Y 社は 2 期に需要が増加した場合に投資をする。図 22 には X 社、Y 社が 1 期目に投資をした場合、しない場合での得られる利得を示している。本分析の条件では、X 社と Y 社は 1 期目に投資しない場合は、2 期に需要が増加したら投資を行う。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	④, ⑧
	1期に投資しない	⑫, ⑯	⑲, ⑳

図 22.  $[(R_2-R_4)/(R_3-R_1)] < \gamma_Y \leq 1$  の条件下での両社の利得

X 社と Y 社の投資判断が変化する投資費用 I の閾値を計算する。

$$\textcircled{1}\text{式} - \textcircled{12}\text{式} : R_2 - I + (p\alpha R_2 + q\beta R_2)/(1+r) - \{R_4 + [p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_4]/(1+r)\} > 0$$

$$\therefore [(1+r+q\beta)/(r+q)]/(R_2-R_4) > I$$

$$\textcircled{4}\text{式} - \textcircled{20}\text{式} : R_3 - I + (p\alpha R_2 + q\beta R_3)/(1+r) - \{R_1 + [p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1]/(1+r)\} > 0$$

$$\therefore [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3-R_1) > I$$

$$\textcircled{2}\text{式} - \textcircled{8}\text{式} : R_2 - I + (p\alpha R_2 + q\beta R_2)/(1+r) - \{R_4 + [p(\alpha R_2 - \gamma_Y I) + q\beta R_4]/(1+r)\} > 0$$

$$\therefore [(1+r+q\beta)/(1+r-p\gamma_Y)](R_2-R_4) > I$$

$$\textcircled{16}\text{式} - \textcircled{23}\text{式} : R_3 - I + (p\alpha R_2 + q\beta R_3)/(1+r) - \{R_1 + [p(\alpha R_2 - I) + q\beta R_1]/(1+r)\} > 0$$

$$\therefore [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3-R_1) > I$$

Y 社が 2 期に需要が増加した場合に投資をする場合、 $\beta(R_3-R_1) < \alpha(R_2-R_4)$  の範囲内で投資費用 I が変化することでナッシュ均衡が変化する。以下に一例として、 $\beta(R_3-R_1) < I < [(1+r+q\beta)/(1+r-p\gamma_Y)](R_2-R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2-R_4)$

$< [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3-R_1) < \alpha (R_2-R_4)$  の順となる場合のナッシュ均衡を示す。このような投資の閾値の順番が生じうることは 3.5 節の数値を用いた計算例で説明する。

vi)  $\beta (R_3-R_1) < I < [(1+r+q\beta)/(1+r-p\gamma_Y)](R_2-R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2-R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3-R_1) < \alpha (R_2-R_4)$  の場合のナッシュ均衡は両社が 1 期に投資をすることになる。各社の意思決定を図 23 に示す。図 17 と同様に、投資費用が小さい場合は、1 期に投資をして早期に大きなキャッシュフローを得ることが有利となる。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	④, ⑧
	1期に投資しない	⑫, ⑯	⑱, ⑳

図 23. vi) 条件下での両社の利得

vii)  $\beta (R_3-R_1) < [(1+r+q\beta)/(1+r-p\gamma_Y)](R_2-R_4) < I < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2-R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3-R_1) < \alpha (R_2-R_4)$  の場合のナッシュ均衡は、他社の情報の利用ができない X 社は 1 期に投資を行うが、情報の利用ができる Y 社は 2 期まで投資を延期して、需要が増加した場合に投資をすることがナッシュ均衡となる。各社の意思決定を図 24 に示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	④, ⑧
	1期に投資しない	⑫, ⑯	⑱, ⑳

図 24. vii) 条件下での両社の利得

viii)  $\beta (R_3-R_1) < [(1+r+q\beta)/(1+r-p\gamma_Y)](R_2-R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2-R_4) < I < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3-R_1) < \alpha (R_2-R_4)$  の場合のナッシュ均衡は、X 社または Y 社のいずれかが 1 期に投資を行い、もう一社が 2 期に需要が増加した場合に投資を行うこととなる。自社が 1 期に投資することが好ましいが、両社

が1期に投資をすると逆に利潤が低下してしまう状況である。複数のナッシュ均衡が生じる場合は、他の要素を勘案した企業の投資判断が行われるものと考えられる。各社の意思決定を図25に示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	④, ⑧
	1期に投資しない	⑫, ⑬	⑰, ⑳

図25. viii)条件下での両社の利得

ix)  $\beta (R_3 - R_1) < [(1+r+q\beta)/(1+r-p\gamma_Y)](R_2 - R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_2 - R_4) < [(1+r+q\beta)/(r+q)](R_3 - R_1) < I < \alpha (R_2 - R_4)$  の場合のナッシュ均衡は、2期に需要が増加した場合は両社が投資を行うこととなる。各社の意思決定を図26に示す。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	①, ②	④, ⑧
	1期に投資しない	⑫, ⑬	⑰, ⑳

図26. ix)条件下での両社の利得

### 3.4 情報の利用が投資の意思決定に及ぼす影響

本章では、利潤を外生的に与えるモデルを使用し、2期間にわたる2企業の研究開発投資の意思決定を検討した。2期目に需要の増減が生じるとして、2期に投資を行う場合は需要の不確実性を知ったうえで投資判断ができ、かつ後発企業となる場合（他社が1期に投資をしている場合の自社）は先発企業の技術情報を利用できるというフリーライドの効果を取り組んだ場合の意思決定を検討した。本研究では、企業がすでに開発済みの技術、既存の設備を用いることで投資費用が極端に小さい場合や、逆に多額の研究開発投資が必要であることが自明である極端に大きい場合を除いて、その中間の状況として何らかの研究開発投資が必要であり、その判断は競合他社の投資判断に影響を受ける可能性がある

る状況を検討した。外生的な不確実性である 2 期の需要の不確実性は 2 社ともに共通の状況と考えた場合に、後発企業は先に投資をした先発企業の技術情報を利用できるものとする、以下のことが生じうることを示した。

- (1) 図 14 および表 10 で示したように、枝分かれ図(2)の状況の後発企業は情報の利用のメリットが大きい場合は、需要の増減によらず情報を利用して投資するという選択肢をとることが可能となり、そうでない場合は需要をみて投資するかどうかを判断する
- (2) 表 10 で示したように、枝分かれ図(2)の状況における後発企業の 2 期目の投資行動を変化させる情報の利用の閾値は、各期におけるキャッシュフローの値が関連し、その比に依存している
- (3) 図 17 で示したように、他社の情報の利用が可能である状況でも、常に後発企業が有利出ることではなく、情報の利用が投資判断に影響を及ぼすには投資費用の閾値が存在する
- (4) 図 17~21、および図 23~26 の Y 社の投資判断の変化をみると、情報の利用ができる企業 ( $\gamma_Y < 1$ ) と利用できない企業 ( $\gamma_X = 1$ ) を比較すると、利用ができる企業は投資費用が小さい段階で、自らが後発企業を選び、自社のキャッシュフローを増加させることができる

本章では後発企業効果のうち、需要の不確実性とフリーライドの効果を考慮したモデルを構築し、どのような条件において後発企業効果が生じうるのかを数理的に明らかにした。

## 3.5 計算例

### 3.5.1 後発企業が 2 期で必ず投資をする場合

情報の利用がある場合に投資費用  $I$  との関係で、意思決定にどのような影響を与えるかについて計算例を用いて説明する。枝分かれ図(2)の状況を取りあげ、

Y社が1期で投資をしないならば、2期で必ず投資をする場合として  $0 \leq \gamma_Y < [(R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)]$  の状況を考える。その他の因子は表11の通りとする。また需要の増減 ( $\alpha, \beta$ ) は両社ともに共通であるが、情報収集力には差があり、ここではY社が情報の利用が可能な状況を想定している ( $\gamma_x = 1$ )。投資費用 I および  $\gamma_Y$  については、個別の計算例の中で数値を設定する。

表 11. 計算で用いるパラメータ

一方の企業のみが投資を行った場合の投資を行った企業のキャッシュフロー	R3	14
両企業が共に新たな投資をする場合のキャッシュフロー	R2	8
両企業が共に新たな投資をしない場合のキャッシュフロー	R1	6
投資を行わなかった企業のキャッシュフロー	R4	4
割引率	r	0.1
2期目で需要が増加する確率	p	0.5
2期目で需要が減少する確率	q	0.5
需要が増加した場合のキャッシュフローの増加率	$\alpha$	6
需要が増加した場合のキャッシュフローの増加率	$\beta$	0.2

表11の  $R_1 \sim R_4$  の値の場合は、 $0 \leq \gamma_Y < 0.5 [= (R_2 - R_4) / (R_3 - R_1)]$  となる。以下では  $\gamma_Y = 0.2$  と設定して計算を行う。また  $1.6 [= \beta (R_3 - R_1)] < I < 24 [= \alpha (R_2 - R_4)]$  の範囲で投資費用 I は変化するものとする。

#### ア) 投資費用 I=2 の場合

投資費用 I=2 とした場合に 3.3.節で求めた利得の式から計算した数値を図 27 に示した (以下、図 27~35 の数値は 3.3 節で求めた利得の式から計算した数値である)。投資費用 I=2 では両社は1期に投資を行うことがナッシュ均衡となる。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	<b>28.5, 28.5</b>	34.5, 26.2
	1期に投資しない	25.3, 35.1	27.4, 27.4

図 27. 投資費用 I=2 ( $\gamma_Y = 0.2$ ) の場合の両社の利得

イ) 投資費用  $I=6.5$  の場合

投資費用  $I=6.5$  とした場合の数値を図 28 に示した。投資費用が増加した  $I=6.5$  では他社の情報の利用ができない X 社は 1 期に投資を行うが、情報の利用ができる Y 社は 2 期まで投資を延期して、需要の増減に関わらず投資をすることがナッシュ均衡となる。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	24.0, 24.0	<b>30.0, 25.4</b>
	1期に投資しない	23.2, 30.6	25.4, 25.4

図 28. 投資費用  $I=6.5$  ( $\gamma_Y=0.2$ ) の場合の両社の利得

ウ) 投資費用  $I=10$  の場合

投資費用  $I=10$  の数値を図 29 に示した。さらに投資費用が増加した  $I=6.5$  はいわゆる「チキンゲーム」の状況である。表 11 のパラメータの状況においては、投資費用  $I=10$  では、先発企業と後発企業のどちらが有利とはいえない状況が生じうることを示している。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	20.5, 20.5	<b>26.5, 24.7</b>
	1期に投資しない	<b>21.6, 27.1</b>	23.8, 23.8

図 29. 投資費用  $I=10$  ( $\gamma_Y=0.2$ ) の場合の両社の利得

エ) 投資費用  $I=15.5$  の場合

投資費用  $I=15.5$  の数値を図 30 に示した。投資費用が増加した  $I=15.5$  では Y 社が 1 期に投資を行い、X 社は 2 期に需要が増加したら投資を行う。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	15.0, 15.0	21.0, 23.7
	1期に投資しない	<b>19.1, 21.6</b>	21.3, 21.3

図 30. 投資費用  $I=15.5$  ( $\gamma_Y=0.2$ ) の場合の両社の利得

オ) 投資費用 I=20 の場合

投資費用 I=20 の数値を図 31 に示した。投資費用が大きい場合は、両社とも 1 期に投資を行わず、2 期に需要が増加した場合に投資を行うことを選ぶ。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	10.5, 10.5	16.5, <u>22.9</u>
	1期に投資しない	<u>17.1</u> , 17.1	<b>19.3, 19.3</b>

図 31. 投資費用 I=20( $\gamma_Y=0.2$ )の場合の両社の利得

図 27~31 では 3.3 節で求めた Y 社が 1 期で投資をしないならば 2 期で必ず投資をする場合のナッシュ均衡を具体的な数値例を用いて求めた。これらナッシュ均衡は、3.3 節の図 17~21 と同じであり、具体的なパラメータの値に応じてナッシュ均衡が 3.3 節の分析通りになることを確認できた。

### 3.5.2 後発企業が 2 期に需要が増加したら投資をする場合

次に枝分かれ図(2)の状況で Y 社が 1 期で投資をしないならば、2 期に需要が増加したら投資をする場合として  $[(R_2-R_4)/(R_3-R_1)] < \gamma_Y \leq 1$  の状況を考える。その他の因子は前述の表 11 の通りとする。

表 11 の  $R_1 \sim R_4$  の値の場合は、 $0.5 < \gamma_Y \leq 1$  となる。以下では  $\gamma_Y=0.6$  と設定して計算を行う。また  $1.6 < I < 24$  の範囲で投資費用 I は変化するものとする。

カ) 投資費用 I=2 の場合

投資費用 I=2 の数値を図 32 に示した。投資費用 I=2 では両社は 1 期に投資を行うことがナッシュ均衡となる。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	<b>28.5, 28.5</b>	<u>35.1</u> , 25.6
	1期に投資しない	25.3, <u>35.1</u>	27.5, 27.5

図 32. 投資費用 I=2( $\gamma_Y=0.6$ )の場合の両社の利得

キ) 投資費用 I=6.5 の場合

投資費用 I=6.5 の数値を図 33 示した。投資費用が増加した I=6.5 では X 社は 1 期に投資を行い、Y 社は 2 期に需要が増加した場合に投資を行うことになる。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	24.0, 24.0	<b>30.6, 24.4</b>
	1期に投資しない	23.2, <u>30.6</u>	25.4, 25.4

図 33. 投資費用 I=6.5 ( $\gamma_Y=0.6$ ) の場合の両社の利得

ク) 投資費用 I=10 の場合

投資費用 I=10 の数値を図 34 に示した。さらに投資費用が増加した I=6.5 では複数均衡が生じる。表 11 のパラメータの状況においては、いわゆる「チキンゲーム」が生じる。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	20.5, 20.5	<b>27.1, 23.4</b>
	1期に投資しない	<b>21.6, 27.1</b>	23.8, 23.8

図 34. 投資費用 I=10 ( $\gamma_Y=0.6$ ) の場合の両社の利得

ケ) 投資費用 I=20 の場合

投資費用 I=20 の数値を図 35 に示した。投資費用が大きい場合は、両社とも 1 期に投資を行わず、2 期に需要が増加した場合に投資を行うことを選ぶ。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	10.5, 10.5	17.1, <u>20.7</u>
	1期に投資しない	<u>17.1, 17.1</u>	<b>19.3, 19.3</b>

図 35. 投資費用 I=20 ( $\gamma_Y=0.6$ ) の場合の両社の利得

表 11 のパラメータのもとでは、4.2 節の検討では Y 社が 1 期に投資をして、X 社は 2 期に投資をすることが唯一のナッシュ均衡となる場合が生じない。自社（今回は X 社）は他社の技術情報を利用できないが、他社（今回は Y 社）は

可能であるという投資環境においては、自社が需要動向を見極めてから投資判断を行うことができない場合が生じることを示している。

図 32～35 では 3.3 節で求めた Y 社が 1 期で投資をしないならば、2 期に需要が増加したら投資をする場合のナッシュ均衡を具体的な数値例を用いて求めた。これらナッシュ均衡は、3.3 節の図 23～26 と同じであり、具体的なパラメータの値に応じてナッシュ均衡が 3.3 節の分析通りになることを確認できた。

## 第4章 考察

### 4.1 情報の公開と利用から見た先発/後発企業の優位性

3章では需要の不確実性と情報の利用を加味したモデルを構築し、複占市場において各社が1期または2期のどちらで研究開発投資を行うか（または投資をしないか）を検討した。本節では、情報の利用を表す $\gamma$ の値がどの程度であれば、後発企業となることが有利であるかを検討する。これは逆にいえば、情報を利用される企業（先発企業）からみて $\gamma$ の値がどの程度であれば、他社が情報を入手してもそれを利用して後発企業としてのメリットを享受することがないかを意味する。

3章と同様にY社が情報の利用が可能として考えると、Y社が後発企業として2期に投資をするか否かは枝分かれ図(2)の場合である。3.5節の計算例でみたように、投資判断は投資費用Iの値に依存して変化する。投資費用Iと情報の利用 $\gamma$ の関係において、Y社が2期に投資を行う方が有利となる条件を考える。

この場合、Y社が1期に投資をしないならば2期に必ず投資をする、という条件のもと、Y社が1期に投資するか、情報の利用をして2期に投資をするか、はp29に示した②式-⑦式の関係で示される。

$$\text{②式-⑦式 (p29)} : [(1+r)/(1+r-\gamma_Y)](R_2-R_4) > I$$

上式を満たす投資費用Iの場合は1期で投資する方が利得は大きくなる。(②式は1期に投資する場合の利得、⑦式は2期に必ず投資する場合の利得を表す)。

また、Y社が1期に投資をしないならば2期に需要が増加したならば投資をする、という条件のもと、Y社が1期に投資するか、情報の利用をして2期に投資をするか、はp32に示した②式-⑧式の関係で示される。

$$\text{②式-⑧式 (p32)} : [(1+r+q\beta)/(1+r-p\gamma_Y)](R_2-R_4) > I$$

上式を満たす投資費用Iの場合は1期で投資する方が利得は大きくなる。(②式は1期に投資する場合の利得、⑧式は2期に需要が増加したら投資を行う場合

の利得を表す)。図 36 で示したように、投資費用  $I$ 、2 期目で需要が減少する確率  $q$ 、割引率  $r$ 、需要が減少するときのキャッシュフローの変化率  $\beta$ 、得られるキャッシュ  $R_1 \sim R_4$  を投資判断時に情報として設定できれば、後発企業が有利となるにはどの程度の情報の利用が必要であるか分かる。逆に X 社から見れば、Y 社に後発企業としてのメリットを享受させないためには、できるだけ公開情報を利用させずに  $\gamma_Y$  の値を大きくする（情報の利用により投資費用の低減効果を小さく）することが重要になる。

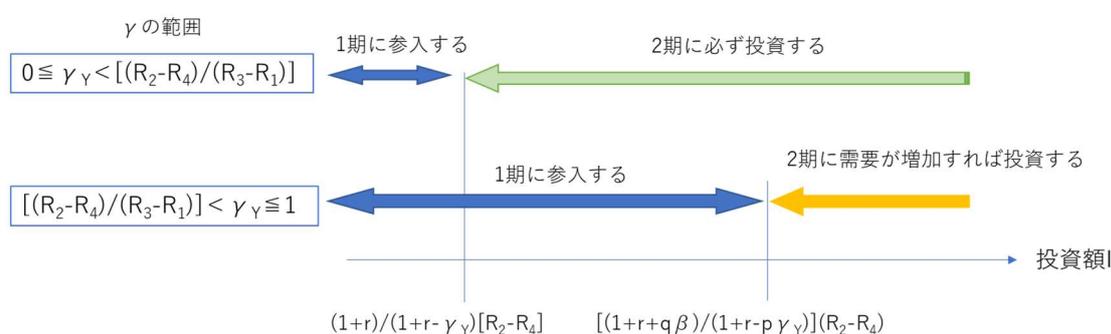


図 36. 情報の利用を考慮した Y 社の投資判断の変化

## 4.2 先発企業からみた情報の開示の戦略

4.1 節の考察のように複占市場において、自社の技術情報を他社が利用できる状況では、他社が情報の利用により投資費用を低減させ、また需要の不確実性を回避するために 2 期まで投資判断を延期することが生じる。この場合、技術情報を公開した企業は競争上不利な状況となる可能性がある。さらに、もし先発企業が情報の公開を制限した場合は、他社は 1 期に投資をする方が有利となる状況が生じやすくなり、両社が 1 期に投資を行うことで両企業が利潤を分け合う状況となる可能性がある。情報の利用をされてしまう企業を先発企業とすると、この先発企業の情報公開の戦略はどのようにしたら良いかについて検討を行う。

情報の公開として特許情報があることを 1 章で示したが、小川（2015）によると製造業の知的財産マネジメントとして、オープン&クローズ戦略がある。これはキャッチアップ型のビジネスと異なり、「フロントランナーとして先行する企業はむやみに特許を出すべきではなく」、「徹底して守るべき領域と公開する

領域を組み合わせた」知的財産戦略が必要であると説明している。また、クローズ戦略（クロスライセンスも含めて他社に使用させないようにする特許戦略）は自社が強い技術をもち、かつ収益の源泉である部分に適用し、他社に技術を利用させるオープン戦略としては、自社のコア技術以外の領域で行い、他社にも利用させることで業界内の分業、活性化に寄与させるべきであると述べている。このオープン戦略を他社が自社情報の利用をすることを見越したうえで検討する戦略と捉えると、先発企業はわざと他社を後発企業に導くことで自社の利得を増大させることを考える必要がある。例えば製造業で考えると、先発企業の立場からは特許権の取得にはその公開が必須であるが、それを後発企業が研究開発に利用することで投資費用を低減した場合でも、製品に関する特許に関しては、先行して周辺特許も含めた強力な特許権を取得することで、後発企業が新製品の市場への供給時に、権利侵害を指摘したり、他社が同様の特許出願をできないように対策を立てておくことが重要と考えられる。そして、あわせて製造方法に関する特許を公開し、それを利用することで他社が研究開発投資を抑制できる可能性を示すような戦略が考えられる（ただし、コア技術に相当する製造方法は強力な特許権やノウハウ化による保護が必要である）。

他社が後発企業を選択することで、自社が有利となる例として、3.5節で示した図27、図28の両企業の利得を比較する。3.5節で設定したパラメータの条件下では、図27で示したように投資費用 $I=2$ と小さい場合は、両社は1期に投資を行う判断をするが、図28のように投資費用が $I=6.5$ と大きくなると、情報の利用ができるY社は2期に投資をする判断を行う（ここではX社が1期に投資をする先発企業となり、Y社が2期に投資をする後発企業となっている）。この場合、X社からみるとY社が2期に投資をするならば、1期はX社が新製品市場を独占できるため投資費用が $I=2$ から $I=6.5$ と大きくなるにもかかわらず、X社は利得を28.5から30.0まで大きくできる（図27、図28を参照）。これは $I=6.5$ の場合に実現するY社の利得25.4と比べてもX社の利得は30.0となり（図28参照）、より大きな利得を得ることができる状況である。このようにY社を後発企業に誘導することで、自社の利得を大きくできる場合がある。図27、

図 28 は Y 社が 1 期で投資をしないならば 2 期で必ず投資をする場合であるが、同様の状況は、Y 社が 1 期で投資をしないならば 2 期に需要が増加したら投資をする場合（図 32、図 33）でも生じている。3.5 節はあるパラメータを与えた場合の計算例であるが、特定の条件下では他社が情報を利用することを見越して、後発企業に導くことが自社の利得を増大する戦略となりうることを示している。

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	<b>28.5, 28.5</b>	34.5, 26.2
	1期に投資しない	25.3, <u>35.1</u>	27.4, 27.4

図 27. 投資費用  $I=2$  ( $\gamma_Y=0.2$ ) の場合の両社の利得（再掲）

		Y社	
		1期に投資をする	1期に投資しない
X社	1期に投資をする	24.0, 24.0	<b>30.0, 25.4</b>
	1期に投資しない	23.2, <u>30.6</u>	25.4, 25.4

図 28. 投資費用  $I=6.5$  ( $\gamma_Y=0.2$ ) の場合の両社の利得（再掲）

### 4.3 実際の産業活動との関連性

本研究が取りあげた製造業における新製品開発において、情報の公開と利用という状況を実際の産業に当てはめた場合にどのように捉えることができるか、または捉えきれない場合について考える。ここでは、有機エレクトロルミネッセンス（以下、有機 EL 装置）の産業について、特許庁がまとめた平成 29 年度 特許出願技術動向調査報告書（有機 EL）をもとにまとめる。調査範囲は有機 EL 装置の素子用材料、素子構造、製造方法となっている。また、用途・応用分野として、ディスプレイ分野と照明分野を含んだ調査である。なお市場状況は、「有機 EL ディスプレイと LCD の製造装置の市場規模推移を見ると、2009 年までは大多数が LCD 用であったが、2010 年から有機 EL 用が増加し始め、2016 年から有機 EL ディスプレイの製造装置の市場規模が大きくなると見積もられて

いる」(特許庁 2018) と説明している。韓国企業と日本企業という括り方で比較すると、有機 EL 装置が市場に供給された当初は日本企業が優勢であり、例えば 1997 年にパイオニアから車載用 FM 文字多重レシーバーが発売され、2007 年にはソニーが世界初の有機 EL テレビを上市している。この状況では韓国企業は日本企業の特許情報やリバース・エンジニアリングなどを利用して、研究開発を進めていることが推測できる。その後、2010 年から 2015 年の素子構造に関する出願人別ファミリー件数では図 37 に示すように韓国企業であるサムスンディスプレイと LG ディスプレイが 1 位、2 位を占めており、日本企業は 4 位以下である。またディスプレイメーカーに限れば、JOLED は 7 位、ジャパンディスプレイは 9 位と低迷している。この特許の出願状況からは韓国企業は後発企業としての利点を活かして、自社の研究開発投資を抑えながら、短期間に技術開発をしたことが考えられる。

順位	出願人名称	ファミリー件数
1	サムスンディスプレイ (韓国)	3,205
2	LG ディスプレイ (韓国)	2,194
3	オーシャンキングライティング (中国)	1,191
4	コニカミノルタ	895
5	BOE (中国)	882
6	半導体エネルギー研究所	594
7	JOLED	525
8	パナソニック	503
9	ジャパンディスプレイ	447
10	オスラム (ドイツ)	321

特許庁 (2018) p40 から引用

図 37. 有機 EL の素子構造に関する出願人別ファミリー件数 (2010～2015 年)

図 37 は素子構造に関する特許の出願状況であるが、韓国企業 (サムスンディスプレイ、LG ディスプレイ) は素子用材料、光学部材でも 1 位～3 位に位置しており、周辺特許も戦略として出願している状況がある。一方、日本企業は JOLED のようなディスプレイメーカーではなく、他の材料・部材メーカーが特許出願をしている。このように考えると日本企業は各社に特許権が分散しており、韓国企業の特許の情報を利用して研究開発をした場合でも、関連技術も含ん

だ特許権により市場参入が困難な状況が考えられる。

また、有機 EL 市場が 2010 年ごろから拡大をしていることを考慮すると、今後は設備投資が活発になると予想されるが、現状「韓国に先行されている状況にあり、いずれは中国も有機 EL パネルの製造を本格的に行うことが予測されており、資金調達力の差も勘案すると、残念ながら日本の有機 EL パネル生産技術力に関する地位の低下は今後も続くものと思われる」（特許庁 2018）と指摘されている。

本研究のモデルでは、今後の日本企業は後発企業の立場で韓国企業の情報を利用しながら研究開発を進めることが想定されるが、研究開発投資よりも生産設備投資に重点がおかれる段階では、情報を収集し利用する能力ではなく、企業の資金調達力のような別の能力が要求され、本モデルとのギャップが生じうると考えられる。

## 第5章 おわりに

### 5.1 リサーチ・クエスチョンに対する回答

本研究では、研究開発投資の期間にも利潤が生じる点を加味した利潤を外生的に与えるモデルを使用し、後発企業効果として需要の不確実性の解消と、フリーライドの効果を組み込んだ場合の2企業2期間のモデルを用いて複占市場における企業の研究開発投資の意思決定を検討した。以下にMRQ、SRQ1およびSRQ2への回答を述べる。

**MRQ：複占市場において、先発企業の技術情報の公開と、後発企業の情報の利用がある場合に、研究開発投資の意思決定はどのように変化するか**

情報の利用が可能な状況では、自らが後発企業を選び、後発企業効果が発現する可能性があることを確認した。後発企業に注目すると、情報の利用により投資費用を抑制することができれば、投資判断を後ろ倒しにして、後発企業を選ぶ動機が生じる。

後発企業は、情報の利用の効果の大きさによって、2期の投資行動が異なる。情報の利用により投資費用を大きく削減できるならば、需要の不確実性に関わりなく、2期まで投資を延期し2期に投資を行うという意思決定を行う。情報の利用による投資費用の削減が小さいならば、2期まで投資を延期し2期に需要が増加した場合に投資を行う。

**SRQ1：情報の利用はどのような条件のときに投資判断に有利に働くか**

2期目の投資行動が異なる情報の利用の閾値は、各期において両企業が獲得するキャッシュフローの比が関係する。また、他社の情報の利用が可能であっても常に投資判断に影響するものでなく、情報の利用が投資判断と関連するには投

資費用の閾値が存在する。本研究で分析した閾値は以下のようにまとめられる（図 36 再掲）。

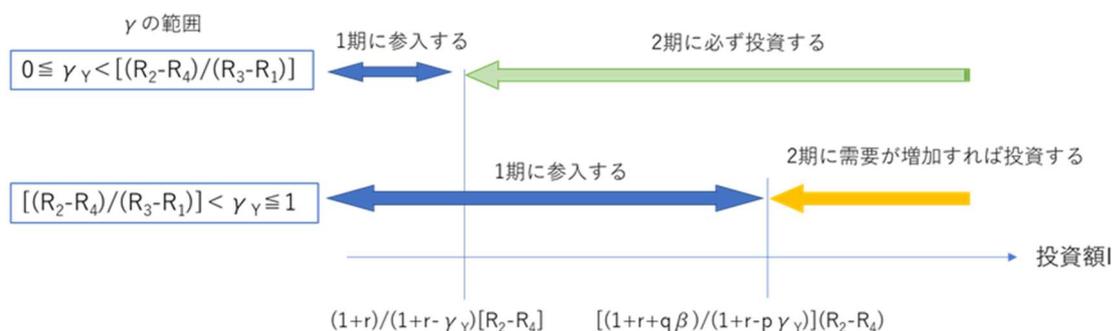


図 36. 情報の利用を考慮した Y 社の投資判断の変化（再掲）

**SRQ2：情報の公開と利用が生じうる状況では、先発企業と後発企業の戦略はどのように考えられるか**

後発企業は公開特許の確認やリバース・エンジニアリングなどの手法を用いて先発企業の技術情報を利用できる。後発企業は自社の模倣する能力を高め、研究開発投資を低減することで、需要の不確実性に対してのリスクを小さくすることが有効であると考えられる。

一方、先発企業は情報公開をできるだけ行わず、後発企業に利用させない戦略が可能である。しかし、この場合は他社も 1 期に投資を行うこととなり、複占市場で競合状況が生じる。この状況での戦略としては、(1) 他社が自社の情報を利用することを見越して、他社を後発企業に導くことで、自社が先行して研究開発投資を行うことで、他社が参入するまでの期間は新製品市場を独占し、より多くのキャッシュフローを得ることで、結果的に大きな利潤を得る可能性も検討することが必要だと考えられる。具体的には、製造方法に関する特許も同時に公開し、他社がその情報をもとに研究開発投資を低減できるとして、後発企業を選ぶように誘導することが考えられる。また、(2) 自社のコア技術(またはコア製品)に関しては先行して周辺特許も含めた強力な特許権を取得することで、他社が研究開発に成功したとしても、新製品市場へ参入できないように、知的財産権の

保護を戦略的に行うことが重要であると考えられる。さらに、新製品市場を早期に成長させ、研究開発投資の段階から生産設備投資の段階に移行することで、自社の市場内でのシェアを確保し、後発企業の投資意欲を削ぐことも戦略として考えられる。

## 5.2 理論的含意

本研究では競争市場において、先発企業/後発企業と分けた場合に後発企業効果のうち、需要の不確実性とフリーライドの効果を加味した場合の企業の投資判断をリアルオプション分析とゲーム理論を融合したモデルを用いて分析した。先行研究では、利潤を内生的に求める手法を採用しており、この場合は1期に投資判断を行い、2期以降にキャッシュフローを得るモデルが提案されているが、投資判断の期は利潤が生じない状況である。しかし、一般には企業は既存事業を行い、同時並行的に研究開発投資により新規事業のための技術開発を行うことから、先行研究の状況はスタートアップの企業など既存事業が存在していない企業であれば当てはまるが、既存事業と新規事業を並行して行う場合、特に新製品開発のように既存製品と新製品が置き換わる状況を説明できていない。

本研究では、研究開発投資の期間にも利潤が生じる状況で、2企業2期間の単純なモデルを用いて、既存事業と新規事業を並行して行う企業活動の場合に、需要の不確実性と情報の利用が投資判断に影響を与えることを明らかにした点で、より実社会に即した分析となり意味のあるものであると考えられる。

## 5.3 実務的含意

後発企業効果のうち、需要の不確実性は景気動向や代替品の出現などが関係し、企業がコントロールできない部分が多い。しかし、情報の利用は公開特許やリバーズ・エンジニアリング、また文献調査、展示会などの公開情報を情報源として、自社の情報収集力や情報分析力によりどの程度投資費用の削減に効果を発揮できるかは企業努力による部分も多い。このため、需要の不確実な研究

開発投資には他社の情報を利用するという企業努力は重視され、さらにある状況下においては需要の不確実性（需要の増減）に関わらず、情報の利用ができるのであれば、後発企業を積極的に選択することが有利となることもあり得ることを示した。また、先発企業は他社の情報の利用を見越して、後発企業に導くことで、自社が先行して投資を行い、利潤を大きくすることが可能な状況も生じうることを示した。計算例でも示したように、本研究で示したモデルは需要の不確実性と情報の利用を加味した場合に、投資判断のタイミングを考える枠組みとして用いることができ、実務的な経営判断において有益な指針を与えるものであると考えている。

#### 5.4 本研究の限界と将来研究への示唆

本研究では複占市場における研究開発投資の意思決定に関して、後発企業効果を考慮して分析を行うモデルの提示を行った。このモデルから、投資費用や企業が獲得するキャッシュフローを設定した場合に、情報の利用による投資費用の低減がどの程度可能であれば、後発企業となることが有利であるかについての分析を行うための枠組みとして用いることが可能であることを示した。

ただし、3.3節で示したように2期目の需要の増減の影響を反映した企業が得るキャッシュフローの大小関係には特定の順序があることが条件である。本モデルの設定は、2期目の需要の増加した場合に得られるキャッシュフローと、需要が減少した場合に得られるキャッシュフローの差が大きい場合には適用できるが、2期目の需要の増減の影響が小さい場合には適用できない事例が生じうる。したがって、将来需要の不確実性が高い状況を分析することに用いることはできるが、すべての投資判断の状況で用いることができない点が本研究の限界として指摘できる。

また、本研究では需要の不確実性と情報の利用を加味した場合の投資判断のタイミングについての枠組みを示したが、適用をするには自社のみならず他社のキャッシュフローや相手が情報をどの程度把握しているかを想定することが必要となる。ただし、これら数値は必ずしも定量的である必要はなく、大小関係

を把握すれば本モデルを適用することは可能である。本モデルを具体的な事例に当てはめて実社会の企業活動をどの程度反映させることができるかを確認することが期待される。

## 参考文献

- 2014 年度 民間企業の研究活動に関する調査報告, 2015 (文部科学省科学技術・学術政策局) NISTEP REPORT No 163.
- Adner, R. and Levinthal, D. A., 2004, “What is not a real option: Considering boundaries for the application of real options to business strategy”, *Academy of management review*, 29(1): 74-85.
- Amram, M. and Kulatilaka, N., 1999, *REAL OPTIONS*, Harvard College. (石原雅行・中村康治・吉田二郎・脇保修司訳, 2001, 『リアル・オプション－経営戦略の新しいアプローチ－』東洋経済新報社.)
- Barney, J. B., 2002, *Gaining and sustaining competitive advantage, second edition*, Pearson higher ed. (岡田正大訳, 2003, 『企業戦略論 [上] 基本編－競争優位の構築と持続－』ダイヤモンド社) .
- Barney, J., 1991, “Firm resources and sustained competitive advantage”, *Journal of Management*, 17(1): 99-120.
- Chevalier-Roignant, B. and Trigeorgis, L., 2011, *Competitive strategy: Options and games*, MIT press.
- Copeland, T. and Antikarov, V., 2001, *REAL OPTIONS*, TEXERE LLC. (栃本克之監修, 2002, 『リアル・オプション－戦略フレキシビリティと経営意思決定－』東洋経済新報社.)
- 後藤允, 2017, 「四則演算によるリアルオプション」『リアルオプションと戦略』9(1):44-50.
- Imai, J. and Watanabe, T., 2004, “A two-stage investment game in real option analysis”, *Discussion Paper*, 1-34.
- 今井潤一, 2004, 『リアル・オプション－投資プロジェクト評価の工学的アプローチ－』中央経済社.
- 今井潤一・渡辺隆裕, 2007, 「競争状況下でのリアルオプションと柔軟性の罠」『現代ファイナンス』22: 75-95.

- 石川勝, 2004, 「競合的投資における延期オプションの価値」『現代経営経済研究』  
1(2): 116-43.
- 糸久正人, 2009, 「製品開発プロセスからみた後発戦略の優位性」『経営学論集』  
79: 176-7.
- 糸久正人・猪狩栄次郎・吉川良三, 2007, 「サムスン電子におけるリバース・エ  
ンジニアリング型開発プロセス—イノベーションを追求することは競争優  
位の源泉につながるのか?—」『MMRC Discussion Paper No.165』.
- 泉田成美・柳川隆, 2008, 『プラクティカル産業組織論』有斐閣.
- 経済産業省, 2018, 「2018年版ものづくり白書」.
- 木村寿男, 2015, 『研究開発は成長戦略エンジン: Static R&D から Dynamic R&D  
へ』同友館.
- Kotler, P. and Keller, K. L., 2005, *Marketing Management*, Prentice Hall. (恩蔵  
直人監修・月谷真紀訳, 2008, 『コトラー&ケラーのマーケティング・マネジ  
メント 基本編』ピアソン・エデュケーション.)
- 久保文克, 2016, 「後発企業効果をめぐる経営史的考察—マクロ分析と分析フレ  
ームワークの構築—」『商学論纂』57(5・6): 457-513.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B., 1987, “First - mover advantages”  
*Research Paper* No. 969, p1-33.
- Lieberman, M. B. and Montgomery, D. B., 1998, “First - mover (dis) advantages:  
retrospective and link with the resource - based view” *Strategic Management  
Journal*, 19(12): 1111-25.
- 武藤滋夫, 2001, 『ゲーム理論入門』日本経済新聞社.
- Myers, S. C., 1984, “Finance theory and financial strategy”, *Interfaces*, 14(1):126-  
137.
- 長岡貞男・塚田尚稔・大西宏一郎・西村陽一郎, 2012, 「発明者から見た 2000 年  
代初頭の日本のイノベーション過程: イノベーション力強化への課題」  
RIETI Discussion Paper Series 12-J-033, 経済産業研究所.
- 永井知美, 2014, 「業界展望 テレビ市場の現状と展望: 4K は救世主となるか?

- 伸び悩むテレビ市場は中国メーカーが台頭」『経営センサー』165: 19-25.  
日本経済新聞社, 2019, 「点検 世界シェア 74 品目」  
<https://vdata.nikkei.com/newsgraphics/share-ranking/#/year/latest/chart-cards?page=1&agg-length=3> (2020 年 1 月 3 日アクセス) .
- 西原理, 2008, 「R&D 投資のリアルオプションモデル」『オペレーションズ・リサーチ』53(5): 288-93.
- 小田切宏之, 2001, 『新しい産業組織論：理論・実証・政策』有斐閣.
- 小川紘一, 2015, 『オープン & クローズ戦略 日本企業再興の条件 増補改訂版』翔泳社.
- 恩蔵直人, 2004, 『マーケティング』日本経済新聞出版社.
- Smit, H. T. and Ankum, L. A., 1993, “A real options and game-theoretic approach to corporate investment strategy under competition”, *Financial Management*, 241-50.
- Smit, H. T. and Trigeorgis, L., 2004, *Strategic investment: Real options and games*, Princeton University Press.
- 砂川伸幸, 2017, 『コーポレートファイナンス入門, 第 2 版』日本経済新聞出版社.
- 特許庁, 2018, 平成 29 年度 特許出願技術動向調査報告書 (概要) .
- Trigeorgis, L., & Reuer, J. J., 2017, “Real options theory in strategic management”, *Strategic Management Journal*, 38(1): 42-63.
- 長広美・小田切宏之, 2004, 「革新的産業における先行者の優位性と追随者の優位性：家電業界の実証分析」 *COE/RES Discussion Paper Series*, No49 March 12, 2004.

## 謝辞

本論文の執筆にあたり、ご指導・ご支援をいただきました多くの方々に感謝申し上げます。特に指導教員の内平教授と学習院大学の佐々木准教授には、本研究を進めるにあたり、有益なご指導と温かいご支援をいただきましたことを改めてお礼申し上げます。佐々木准教授には 2018 年度は北陸先端科学技術大学院大学において指導教員としてご指導いただき、2019 年に学習院大学に異動後も引き続き、指導をしていただきました。また、内平教授には 2019 年度に主指導教員（2018 年度は副指導教員）として、ゼミ合宿や修士論文の作成にあたりご指導をいただきました。

その他、東京サテライトの学生の皆様には、授業中の様々な議論を通じて、知見を広げることができ、有意義な学生生活を送ることができました。お礼を申し上げます。